

ESPERANZA MONTERO GONZÁLEZ

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA Y LOS LÍMITES DEL ACUÍFERO DEL CAMPO DE MONTIEL



Colabora: M.^a José Checa Alonso

**INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES
"DON JUAN MANUEL"
DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE**

ESPERANZA MONTERO GONZÁLEZ

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA Y LOS LÍMITES DEL ACUÍFERO DEL CAMPO DE MONTIEL



Colabora: M.^a José Checa Alonso

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES
"DON JUAN MANUEL"

DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN DE A^l BACETE

Serie I - Estudios - Núm. 119

Albacete 2000

Portada: Laguna Colgada.

MONTERO GONZÁLEZ, Esperanza

Contribución al estudio de la geometría y los límites del acuífero del Campo de Montiel / Esperanza Montero González ; colabora, M^a José Checa Alonso -- Albacete : Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel" , 2000.

177 p.: il. ; 24 cm.+ map. -- (Serie I -Estudios; 119)

Bibliografía.

ISBN 84-95394-09-X

I. Acuíferos - Campo de Montiel I. Checa Alonso, M.^a Jose.
II. Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel".
III. Título. III. Serie.

556.33(460.288)

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES "DON JUAN MANUEL",
DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE,
ADSCRITO A LA CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE CENTROS DE ESTUDIOS LOCALES. CSIC

D.L. AB-371/2000
I.S.B.N. 84-95394-09-X

IMPRESO EN REPRODUCCIONES GRÁFICAS ALBACETE
P.I. Campollano, calle C, nº 16 • 02007 ALBACETE

A Luis, Luis Jr. y Beatriz

ÍNDICE

	<u>PÁGINA</u>
PRESENTACIÓN	9
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. OBJETIVOS	20
2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	21
3. ANTECEDENTES	33
4. METODOLOGÍA	57
5. GEOLOGÍA	63
5.1. MARCO GEOLÓGICO	65
5.1.1. <i>ESTRATIGRAFÍA</i>	68
5.1.2. <i>TECTÓNICA Y ESTRUCTURA</i>	79
5.1.3. <i>GEOMORFOLOGÍA</i>	82
5.2. GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO	84
5.2.1. <i>LÍMITES DEL ACUÍFERO</i>	86
5.2.2. <i>GEOMETRÍA DEL BASAMENTO DE LAS</i> <i>LAGUNAS DE RUIDERA</i>	102
5.2.2.1. <i>DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS LITOLÓGICAS</i> ..	102
5.2.2.2. <i>CORTES GEOLÓGICOS</i>	112
6. HIDROGEOLOGÍA	117
6.1. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO	119
6.2. MODELO DE FLUJO DE LAS LAGUNAS DE RUIDERA	137
7. CONCLUSIONES	155
BIBLIOGRAFÍA	161

PRESENTACIÓN

Este trabajo ha sido realizado en el Departamento de Geodinámica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid bajo la dirección de Esperanza Montero González, Dra. en Ciencias Geológicas.

El estudio se basa fundamentalmente en una parte de la Tesis Doctoral “Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera” presentada en julio de 1994 por Esperanza Montero y dirigida por el Dr. Pedro Emilio Martínez Alfaro, en la que se propuso un modelo de flujo de las Lagunas de Ruidera, tanto entre el acuífero y las lagunas como de las lagunas entre sí.

Gran parte de la información que aquí se refleja pertenece a la tesis mencionada, habiéndose actualizado los datos de pluviometría, hidrología superficial, niveles en el acuífero y caudales de manantiales. Se analiza el modelo de flujo bajo la perspectiva proporcionada por la nueva situación hidrológica del acuífero tras el intenso período de lluvias de los últimos años.

Queremos expresar nuestra gratitud a todas aquellas personas e instituciones sin cuya contribución no hubiera sido posible la realización de este estudio, y de un modo especial a:

–**Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas**, por la financiación de las fases iniciales y por haber puesto a nuestra disposición las columnas de los sondeos que han realizado a lo largo del valle del Guadiana y en el Campo de Montiel.

–**Confederación Hidrográfica del Guadiana**, por la financiación de las fases finales y por la valiosa aportación de informaciones de diversa índole.

—**Don José García Ballester**, representante de la Asociación de Regantes del Campo de Montiel, por su ayuda desinteresada al permitir la medición de niveles en los pozos y proporcionarnos numerosas columnas litológicas de sondeos por él realizados.

1. INTRODUCCIÓN

El funcionamiento hidrológico de los humedales está condicionado por factores tales como la precipitación, la evapotranspiración, el relieve o topografía, la geología, los suelos y la vegetación y, además, en cada humedal en particular, por el régimen hidrológico general de la cuenca hidrográfica o de los sistemas de flujo subterráneo de carácter regional (LLAMAS, 1993). Este numeroso grupo de factores convierte a los humedales en unidades funcionales extraordinariamente sensibles y vulnerables y, en consecuencia, es indispensable la protección de los mismos para asegurar su supervivencia. Son muchos los Organismos Nacionales e Internacionales interesados en la conservación de las zonas húmedas por su valor ecológico, antropológico, económico e hidrológico.

El aspecto funcional de los humedales se basa fundamentalmente en el agua, por lo que cualquier cambio en el nivel freático o en el balance hídrico (una sequía estacional prolongada, la extracción incontrolada de agua subterránea o la derivación de aguas superficiales para otros usos) pueden poner en peligro el equilibrio de un humedal (SANZ DONAIRE et al., 1992).

Lo que está fuera de toda duda es el papel relevante que el agua subterránea desempeña en el funcionamiento de los humedales, principalmente en los continentales de agua dulce o salada y, en menor medida, en aquellos de origen marino o estuarino. Los humedales se caracterizan por tener la superficie freática muy próxima a la superficie topográfica en la mayor parte de los casos, por ello, un descenso regional del nivel freático de un acuífero dará origen a cambios drásticos en el funcionamiento hidrológico de los posibles humedales existentes sobre el mismo (LLAMAS, 1993).

Las Lagunas de Ruidera, zona húmeda inserta en una región árida como es La Mancha y más en concreto la comarca del Campo de Montiel,

son claro exponente tanto de la importancia socioeconómica que los humedales representan, como de las intervenciones que las administraciones emprenden para la conservación de los ecosistemas.

En los primeros meses de 1988 la situación en el Campo de Montiel hizo intervenir a la Administración puesto que, a los efectos de las extracciones de aguas subterráneas llevadas a cabo durante el verano de 1987 se sumaron las escasas precipitaciones habidas en el otoño e invierno, ocasionando la merma del caudal de los manantiales y del nivel en las Lagunas de Ruidera.

Ante este hecho, el 22 de abril de dicho año se promulgó el REAL DECRETO 393/1988 en el que se aprobaron medidas referentes al acuífero del Campo de Montiel, al amparo del artículo 56 de la LEY DE AGUAS. Las medidas aprobadas en dicho Real Decreto fueron las siguientes:

- Desde el momento de su entrada en vigor, y en tanto se ultimasen los trámites previstos en el apartado 4 del artículo 171 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (REAL DECRETO 849/1986), se aplicarían las normas para la declaración provisional de acuífero sobreexplotado o en riesgo de estarlo, dentro de los límites del Campo de Montiel, cuyo perímetro definían los vértices geodésicos: a) Parra, b) Sotuélamos, c) El Bonillo, d) Mirones, e) Povedilla, f) Terrinches, g) Villahermosa y h) Alhambra.
- Desde la entrada en vigor del Real Decreto hasta el 31 de diciembre de 1988 quedarían suspendidas las extracciones de aguas subterráneas con destino a regadíos dentro del perímetro formado por los siguientes vértices geodésicos: a) Villahermosa, b) Cerro Crespo, c) Viveros, d) Povedilla y e) Terrinches.

Por otra parte, el artículo 171.4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (REAL DECRETO 849/1986), al que se refiere la primera medida, indica los efectos que lleva aparejados la declaración provisional de sobreexplotación sobre el área afectada:

- a) Paralización de todos los expedientes de autorización de investigación o concesión de aguas subterráneas.
- b) Suspensión del derecho de apertura de nuevas captaciones establecido en el artículo 52.2 de la LEY DE AGUAS.
- c) Paralización de todos los expedientes, en trámite, de modificación de características de las concesiones de aguas subterráneas.

- d) Constitución forzosa de la Comunidad de Usuarios del acuífero, si no existiese, por aplicación del artículo 79 de la LEY DE AGUAS.

Conforme a dichas medidas, en la mayor parte del acuífero podían seguir efectuándose las extracciones a las que los usuarios tuviesen derecho legítimo, si bien se suspendían las nuevas autorizaciones, así como las modificaciones de las ya existentes, con el fin de proteger a los usuarios del acuífero y al Parque Natural de las Lagunas de Ruidera y de garantizar los riegos efectuados a partir del embalse de Peñarroya. En la parte meridional del acuífero se suspendieron las extracciones de aguas subterráneas con destino al riego, al objeto de proteger los abastecimientos urbanos de las poblaciones de Villahermosa y Montiel y los regadíos tradicionales, con derechos preexistentes, en las vegas de los ríos Jabalón (término municipal de Montiel) y Villanueva de la Fuente (término municipal del mismo nombre). Un año antes, durante el verano de 1987, se produjeron graves desórdenes sociales al secarse dichas vegas y algunos abastecimientos urbanos.

Por otra parte, el 29 de julio de 1988 se promulgó un nuevo REAL DECRETO 927/1988 por el que se aprobó el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en el cual, en su artículo 5º apartado 2 se establece que, en los expedientes de declaración de acuífero sobreexplotado que se refieren a acuíferos situados en los ámbitos territoriales de dos o más Organismos de Cuenca, corresponderá la resolución a la Dirección General de Obras Hidráulicas. Este es el caso del acuífero del Campo de Montiel, que comprende territorios vertientes a las cuencas del Guadiana, Guadalquivir y Júcar.

En cumplimiento de lo dispuesto en la legislación vigente, la Dirección General de Obras Hidráulicas elaboró el correspondiente “Plan de Ordenación de las extracciones del acuífero del Campo de Montiel” aprobado por Resolución de fecha 12 de junio de 1989, por el cual se declaró sobreexplotado el acuífero, quedando asimismo constituida la Junta de Explotación, formada por un miembro de cada una de las cuencas implicadas, otro del Patronato de las Lagunas de Ruidera, un funcionario de la Administración Central y los representantes de las Comunidades de Regantes del acuífero.

Dicha Junta debe reunirse a finales de cada año con el fin de decidir el régimen de explotación del acuífero para el año siguiente. El control del cumplimiento del Plan de Ordenación lo realiza la Confederación Hidrográfica del Guadiana a través de su Guardería Fluvial.

El Plan de Ordenación para 1989 prohibió el riego en la zona meridional del acuífero durante todo el año, cumpliéndose la prohibición. En el resto del acuífero se prohibieron las extracciones para regadío desde el 15

de junio hasta el 30 de septiembre, pudiendo regar fuera de este período con dotaciones máximas de 2.000 m^3 por hectárea. Esta restricción no fue cumplida y se regaron unas 2.000 ha . En total se extrajeron unos 17 hm^3 frente a los 10 autorizados (se pretendía reducir las extracciones de 28 a 10 hm^3 en la cuenca vertiente a las Lagunas de Ruidera).

La persistencia del período de sequía y de las extracciones impidieron la recuperación de los niveles del acuífero y redujeron la aportación de caudales a las Lagunas de Ruidera durante 1989.

En 1990 el Plan de Ordenación acordó que siguieran prohibidos los riegos con aguas subterráneas en la zona sur del acuífero. En el resto del mismo no se permitió el riego en el período comprendido entre el 30 de junio y el 30 de septiembre, pudiendo realizarse extracciones, sin incremento de la superficie regada y con dotaciones máximas de 2.000 m^3 por hectárea, fuera de dicho período. Si las condiciones hidrológicas hubieran sido favorables antes del 15 de febrero de 1990 se podrían haber modificado las limitaciones anteriores pero, al no variar, hubo que acatar el Plan de Ordenación.

Las precipitaciones habidas durante la primavera de 1990 hicieron pensar en la recuperación del sistema hidrogeológico al observarse ligeras mejorías en el nivel de las Lagunas de Ruidera y en los caudales de los manantiales. Sin embargo, esta situación no se mantuvo, por lo que en diciembre de 1990 el estado del acuífero era similar al de años anteriores.

El Plan de Ordenación para 1991 siguió impidiendo la utilización de aguas subterráneas para regadío en la zona meridional. Para el resto del Campo de Montiel se permitió el riego fuera del período comprendido entre 30 de junio y 30 de septiembre, con dotaciones máximas de $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ sin aumentar la superficie regada. Por otra parte, los cultivos permanentes existentes anteriormente a la entrada en vigor del Plan, a excepción de los viñedos, podrían ser regados con una dotación máxima de $5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$.

En años posteriores la desfavorable situación hidrológica del acuífero y las lagunas llevó a la Junta de Explotación a la llamada "Opción Cero", impidiendo el riego en todo tiempo en la totalidad del Campo de Montiel.

En los últimos años, la situación hidrológica ha cambiado. Las precipitaciones caídas sobre el acuífero (por encima de la media) han permitido la recuperación de los niveles y, por tanto, los manantiales han vuelto a proporcionar caudales elevados, por lo que las medidas de gestión han variado sensiblemente. En 1996 el volumen autorizado para riego fue de 6 hm^3 mientras que en 1997 se concedieron de 12 a 14 hm^3 y se permitió el riego en la zona meridional del acuífero (esto último siempre que los manantiales de control no descendiesen por debajo de los 130 l/s).

La Asociación de Titulares de Aguas Privadas del acuífero (A.T.A.P.) se opuso a los sucesivos planes de ordenación, en especial a los que acor-

daron la “Opción Cero”, incumpléndolos sistemáticamente. Además, tanto dicha asociación como, de modo particular, los agricultores, iniciaron acciones legales contra la mayor parte de las actuaciones llevadas a cabo, desde 1988, por la Administración. Alegan que el acuífero del Campo de Montiel es uno de los menos explotados de España y que, siendo el único declarado definitivamente sobreexplotado, tiene unos recursos renovables medios cuatro veces superiores a los bombeos (FUSTER, 1991 y LLAMAS, 1991b). LLAMAS (1992) destaca el hecho de que el proceso legal para declarar sobreexplotado el acuífero del Campo de Montiel no siguió el procedimiento establecido en los artículos 54.1 de la Ley de Aguas y 171 del Reglamento de Protección del Dominio Público Hidráulico; dicho proceso se inició con un decreto del Gobierno central invocando el artículo 56 de la Ley de Aguas que trata de “*circunstancias de sequías extraordinarias, de sobreexplotación grave de acuíferos*”. Además, en cuanto al impacto ecológico sobre las Lagunas de Ruidera, LLAMAS (1992) considera que la importancia ecológica de dicho humedal no es suficiente como para que haya dado origen a la única declaración definitiva de acuífero sobreexplotado.

Bajo nuestro punto de vista, con el grado de explotación alcanzado en el acuífero del Campo de Montiel no se puede hablar, desde un punto de vista estrictamente técnico, del aprovechamiento integral de los recursos hídricos subterráneos en el mismo (sobreexplotación s.s.).¹

Sin embargo, dicha explotación, mal planificada, produjo el agotamiento estacional de numerosos manantiales aprovechados para abastecimiento urbano y regadío de pequeñas vegas. Además, el descenso de los niveles en el acuífero y, en consecuencia, la disminución de las aportaciones que alimentan al Parque Natural de las Lagunas de Ruidera puede causar efectos paisajísticos y ecológicos negativos en una zona húmeda, de singulares características, que destaca en la aridez de la región manchega.

Creemos que en muchos casos, incluido el del presente acuífero, debe minimizarse la relación extracción frente a recarga, puesto que es más significativa la influencia de la ubicación de los pozos que el volumen total extraído. Pensamos que por sobreexplotación también han de entenderse las afecciones, ya sean temporales o definitivas, producidas sobre cualquier tipo

¹ El Reglamento del Dominio Público Hidráulico (REAL DECRETO 849/1986), en su artículo 171.2, indica: “*Se considerará que un acuífero está sobreexplotado o en riesgo de estarlo cuando se está poniendo en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes en el mismo, como consecuencia de venirse realizando extracciones anuales superiores o muy próximas al volumen anual medio de los recursos anuales renovables, o que produzcan un deterioro grave de la calidad del agua*”.

de aprovechamiento, las cuales no quedan reflejadas con claridad en la actual ley.

Desde esta perspectiva, y sin entrar en la controversia de su sobre-explotación, consideramos que el acuífero del Campo de Montiel ha de beneficiarse de una serie de medidas especiales tendentes a la conservación del humedal de las Lagunas de Ruidera.

1.1. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo ha sido el establecimiento de las condiciones de contorno del acuífero del Campo de Montiel, mediante la definición de sus límites y su geometría.

El segundo objetivo planteado ha sido confirmar la validez del sistema de flujo subterráneo (tanto entre el acuífero y las Lagunas de Ruidera como de las lagunas entre sí) definido en la Tesis Doctoral de Esperanza Montero, habida cuenta de los cambios hidrogeológicos que se han producido en el acuífero como consecuencia de la elevada pluviometría en la zona durante los últimos años hidrológicos.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La altiplanicie del Campo de Montiel se encuentra situada entre las provincias de Ciudad Real y Albacete, al sur de la Llanura Manchega (fig. 2.1).

Se trata de un páramo de calizas y dolomías del Jurásico inferior con una estructura tabular que se hunde mediante fracturas hacia el norte, donde queda cubierta por glaciais pliocuaternarios y por los materiales terciarios manchegos. Su potencia oscila en torno a los 75-100 metros, si bien puede alcanzar los 300 metros al NE, en Munera, o al norte de Ossa de Montiel. El conjunto jurásico yace sobre un sustrato impermeable de arcillas, margas y yesos triásicos. La superficie topográfica, suavemente ondulada, varía desde los 700 metros de cota al norte hasta los 1000 metros al sur.

La zona de estudio comprende la unidad hidrogeológica que forma este páramo calcáreo: el acuífero del Campo de Montiel, delimitado aproximadamente por un polígono formado por las poblaciones de Manzanares-Villanueva de los Infantes-Villanueva de la Fuente-Lezuza-Munera-Villarrobledo-Tomelloso-Manzanares.

El Campo de Montiel forma un acuífero libre, con una superficie de 2.575 km², cuya recarga se produce exclusivamente mediante la infiltración del agua de lluvia. Su descarga origina numerosos manantiales que dan lugar al nacimiento de varios ríos vertientes a tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Guadalquivir y Júcar.

El más importante de los ríos que recorren el Campo de Montiel es el Guadiana Alto, que nace en el manantial de Pinilla, a 980 metros, en una de las zonas más altas de la altiplanicie, formando un pequeño arroyo, río Pinilla, que desaparece por infiltración en algunos puntos de su recorrido. Varios kilómetros aguas abajo aumenta repentinamente su caudal originando el peculiar ecosistema de las Lagunas de Ruidera. Durante la Segunda

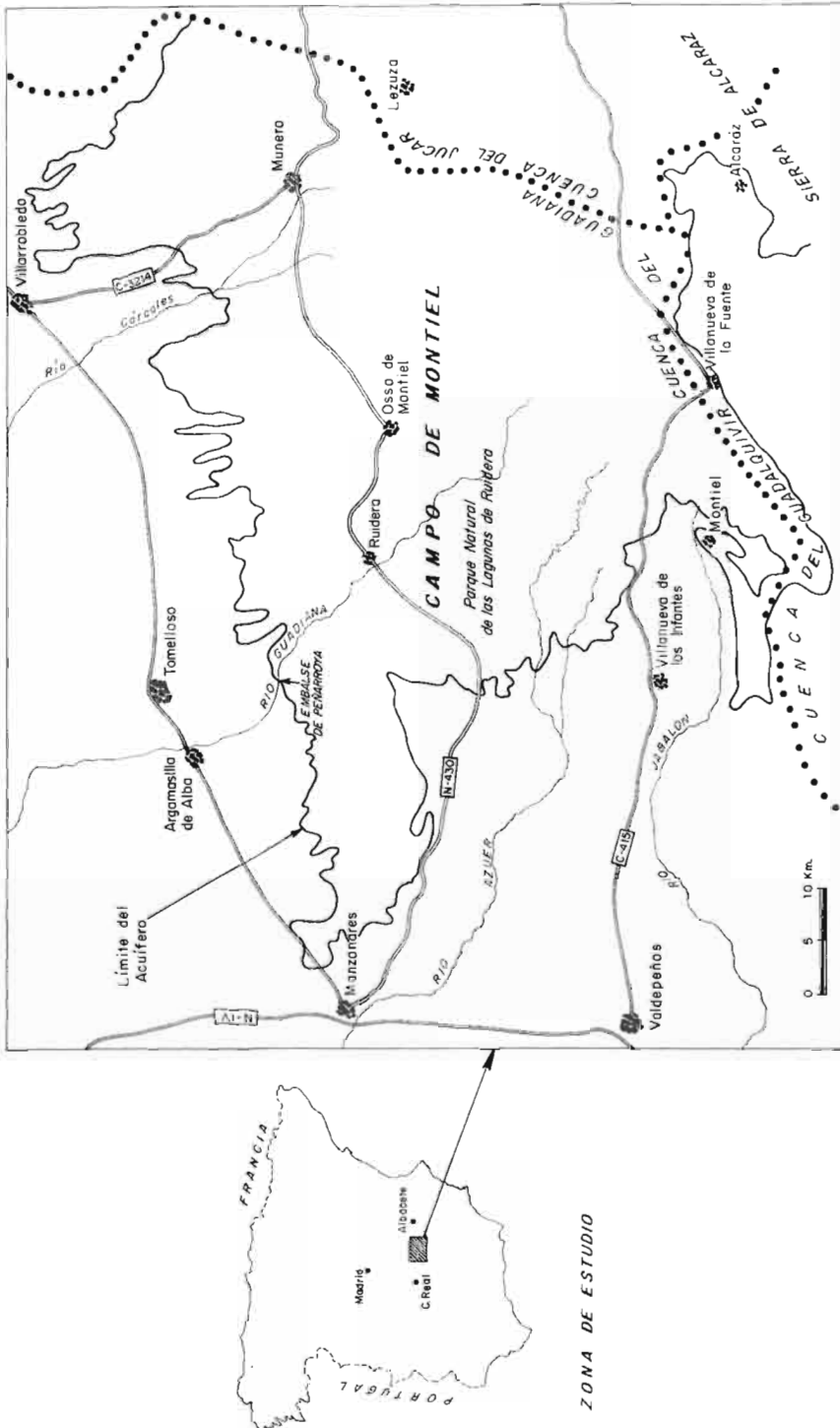


Fig. 2.1. Croquis de situación.

República Española, por Orden Ministerial del 31 de Octubre de 1933, fue declarado Sitio Natural de Interés Nacional. Con la promulgación de la Ley de Espacios Protegidos recibe la calificación de Parque Natural, por Real decreto 2610/79 de 13 de Julio. Asimismo está sujeto a un Plan Especial de Protección aprobado en 1981. La Junta de Comunidades de Castilla La Mancha es el organismo encargado de la protección del Parque Natural desde 1984, año en el que le fueron transferidas las competencias por la Dirección General de Acción Territorial y Urbanismo del M.O.P.U.

El valle principal que constituye el parque está formado por un conjunto de 15 lagunas alineadas en dirección NO-SE y conectadas entre sí por canales, torrenteras, cascadas o manantiales. Aparecen escalonadas a lo largo de unos 35 kilómetros, siendo el desnivel entre la primera y la última de 120 metros aproximadamente. Desde las primera, aguas arriba, sus nombres son: Blanca, Concejo, Tomilla, Tinaja, San Pedro, Redondilla, Lengua, Salvadora, Morcilla o Sto. Morcillo, Batana, Colgada, Del Rey, Cueva Morenilla, Coladilla y Cenagal o Cenagosa (fig. 2.2). Suelen agruparse en dos conjuntos de características diferentes: lagunas “altas” y lagunas “bajas”.

Las lagunas “altas”, en las que renace el río Pinilla, son las situadas aguas arriba del pueblo de Ruidera. En este conjunto se encuentran las lagunas más extensas y profundas; cada una de ellas se cierra mediante un edificio de calizas travertínicas que actúa como una presa natural embalsando el agua y sobre el cual ésta salta en forma de cascada cuando el sistema recibe suficientes aportes procedentes del acuífero. En la última década sólo ha permanecido activa la cascada de El Hundimiento, en Ruidera, en la gran barra que separa las lagunas “altas” de las “bajas”. Durante el verano de 1996, como resultado de los altos niveles de agua en el acuífero, las cascadas empezaron a funcionar de nuevo, alcanzando los máximos caudales en enero de 1997.

Las lagunas “bajas” son someras y sus barreras travertínicas están muy degradadas. Se encuentran rodeadas de juncos y carrizos que llegan prácticamente a invadir la laguna Cenagal, cuyo nombre procede de las características de su fondo. Tras esta última laguna el agua continúa divagando por un valle pantanoso hasta que se encauza cerca de la cola del embalse de Peñarroya.

Aguas abajo del punto donde actualmente se sitúa la presa, el río abandonaba el páramo para adentrarse en la Llanura Manchega. Una vez allí, el agua desaparecía paulatinamente por evaporación y por infiltración en los terrenos permeables de la llanura. Actualmente se distribuye, a través de una red de canales y acequias, a una amplia zona de riegos de los municipios de Argamasilla de Alba y Tomelloso. En épocas de alta pluviosidad, el sobrante del embalse circula por el río Guadiana infiltrándose unos kilómetros más adelante en el acuífero de la Llanura Manchega.

La primera de las lagunas “altas” es la Blanca que, situada a una cota de unos 880 metros, es la que se encuentra a mayor altitud. Sus dimensiones son de unos 850 metros de largo por 400 metros de ancho, con forma ovalada y escasa profundidad. Su nombre proviene de las tobas calcáreas blancas que cubren su fondo y que quedan al descubierto cuando se seca. Este hecho ocurre con regularidad en los estiajes, si bien, desde 1987 hasta 1996 la laguna permaneció seca (excepto en la primavera de 1989).

Unos cuatro kilómetros aguas abajo se encuentra el grupo formado por las lagunas Concejo o Conceja y Tomilla, que están separadas por una barrera de calizas travertínicas muy degradada y comunicadas por un pequeño canal. Entre las dos tienen una longitud de unos 2.600 metros y una anchura de 300 a 400 metros; ambas alcanzan profundidades de hasta 14 metros según se desprende del estudio batimétrico realizado por la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA en 1989. Originalmente se consideró como una sola laguna denominada Ruy-Pérez (MADOZ, 1845-1850), más tarde llamada Concejo (CASTRO, 1849). Dupuy de Lome (I.G.M.E., 1954a) atribuye el nombre de Tomilla a la situada aguas arriba.

A continuación está la laguna Tinaja, de unos 600 metros de longitud y 200 de anchura, con forma ovalada y una profundidad máxima de 17 metros.

Más adelante se encuentra la laguna San Pedro, una de las más extensas y profundas, en cuya margen derecha desemboca el arroyo del mismo nombre. Sus dimensiones aproximadas son 1600 metros de longitud y 400 metros de anchura; presenta forma de “Z” invertida orientada en dirección oblicua a la del valle principal. En el estudio batimétrico mencionado anteriormente se detectó una profundidad máxima de 21 metros, mucho menor de los 80 metros que PLANCHUELO le asignaba en 1944.

La siguiente laguna es la Redondilla que, como su nombre indica, tiene forma circular y es de pequeño tamaño; su profundidad es de unos 10 metros y en ella vierte sus aguas la laguna de San Pedro. Esta laguna es, después de la Blanca, la que antes se seca cuando baja el nivel de agua en el acuífero. Este hecho será explicado en el capítulo correspondiente al modelo de flujo de las Lagunas de Ruidera (7.2).

CASTRO representa en 1849 una pequeñísima laguna llamada Charcón, situada entre la de San Pedro y la Redondilla. Posteriormente, en el folleto de divulgación del Parque Natural publicado en 1984 por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha aparece de nuevo con el nombre de Taza. Son las únicas referencias sobre dicha laguna. Por comunicación directa de los Conservadores del Parque sabemos que fue desecada hacia los años cincuenta y se plantó en ella una chopera, teniéndose actualmente

intención de recuperarla. Con la subida de niveles acaecida durante el invierno de 1996-97 el agua se ha acumulado en ella de nuevo, originando una cascada hacia la Laguna Redondilla.

Una barrera travertínica, al igual que en las demás lagunas, separa la Redondilla de la Lengua o Luenga, cuyo nombre proviene de su forma alargada y estrecha con 1.400 metros de longitud, unos 250 metros de anchura y una profundidad máxima de 14 metros.

Siguen a la Lengua otras tres lagunas de parecidas dimensiones y entorno: Salvadora, Morcilla o Sto. Morcillo y Batana.

Son todas de pequeño tamaño, con longitudes inferiores al medio kilómetro, y están separadas entre sí por barreras travertínicas en las que pueden observarse los depósitos calcáreos, de estructuras estalactíticas, dejados por el agua al saltar a través de las cascadas. La Salvadora tiene unas dimensiones de 450 metros de largo por 400 de ancho y una profundidad de 12 metros. La Morcilla, cuyo nombre proviene de su forma, es algo mayor, con unos 800 metros de largo, 400 de ancho y 14 metros de profundidad. Por último, la Batana es redondeada, con un diámetro de 400 metros aproximadamente; su nombre procede de los batanes que debieron existir en sus alrededores y de los que todavía quedan algunas ruinas; su profundidad, 8 metros, es menor que la de las anteriores.

La Colgada es la laguna que sigue a la Batana, cuyas aguas caen en cascada sobre aquella cuando los niveles de agua están altos. Está separada de la siguiente, laguna Del Rey (de propiedad real hasta el siglo XVI) por una pequeña barrera travertínica degradada, comunicándose con ella por un canal. En conjunto forman ambas lagunas una extensa masa de agua con una longitud de unos 3.500 metros y una anchura de 400 a 500 metros. La Colgada mide aproximadamente 2.400 metros de longitud por 400 metros de anchura y la Del Rey unos 950 por 400. Son ambas lagunas las más profundas junto a la de San Pedro, habiéndose medido en la Colgada una profundidad máxima de 18 metros y en la Del Rey de 20 metros. El nombre de Colgada proviene de que este conjunto presenta un gran desnivel con respecto a las lagunas que le siguen, teniendo que salvar las aguas de la laguna Del Rey un escalón de 15 metros de altura, formando una gran cascada hasta llegar de nuevo al cauce.

Las tres lagunas siguientes son las denominadas “bajas”.

La Cueva Morenilla, con unas dimensiones de unos 600 metros de longitud y 180 de anchura, es llamada así por la existencia de una pequeña cueva cercana a la laguna. Su profundidad es de 7,85 metros.

La Coladilla mide 400 metros de longitud y 300 de anchura y tiene una profundidad de 7,55 metros.

Por último, la laguna del Cenagal o Cenagosa, cercana a la cola del Embalse de Peñarroya, tiene una longitud de unos 400 metros, una anchura de 250 y se puede considerar más como zona pantanosa que como laguna propiamente dicha.

El conjunto de lagunas representa unas 300 ha. El volumen total embalsado en 1989 se calculó en unos 23 hm³ (según el estudio batimétrico de las lagunas realizado por la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA, 1989). La capacidad de embalse es algo mayor puesto que en dicha fecha los niveles en las lagunas ya no alcanzaban el punto de vertido.

Aprovechando el desnivel del agua entre las diferentes lagunas se construyeron diversas centrales hidroeléctricas, la mayoría de las cuales hoy día ya no son utilizadas. La primera es la del Ossero, con una producción de 80 kw.h y que tomaba el agua de la laguna Blanca. La segunda es la central eléctrica de Ruipérez, de 500 kw.h y cuyo salto, de 25 metros, es originado por las aguas de la laguna Concejo (es la única que sigue funcionando). La siguiente es la de Santa Elena, con unos 400 kw.h y con un salto de 20 metros desde la laguna San Pedro. La cuarta central es la de San Alberto, que producía de 1.400 a 1.500 kw.h, con aguas de la laguna Del Rey, y un salto de 15 metros. Por último, la central de Mirabetes, que tomaba el agua de la laguna Coladilla y producía 80 kw.h.

El marco geográfico hasta aquí descrito sirve de hábitat para el desarrollo de una flora y una fauna de características especiales.

La vegetación se encuentra muy adaptada al clima extremado que presenta la zona (grandes heladas en invierno y veranos calurosos y secos), diferenciándose dos ecosistemas (VELAYOS, 1983 y 1992): palustre y de monte.

El palustre, el más próximo a las lagunas, está compuesto por especies con raíces sumergidas la mayor parte del año o asentadas sobre suelo muy húmedo y se distinguen varias bandas de vegetación por la mayor o menor dependencia del agua.

La vegetación helofítica, que oculta algunas lagunas como la Cenagal o la Coladilla por su exuberante desarrollo, ha sufrido bastantes agresiones en todo el Parque Natural y está en regresión debido a la construcción de carreteras y playas, al turismo bañista, a la contaminación y a las quemas periódicas, por lo que tiende a desaparecer en la mayor parte de las orillas. Este tipo de vegetación palustre tiene un extraordinario poder purificador de las aguas y, además, es el refugio y lugar de nidificación de toda la avifauna acuática existente en las lagunas.

El ecosistema del monte se caracteriza por una vegetación perennifolia típica de la meseta, apareciendo la serie completa del encinar. Favorecida por la influencia de la masa de agua, en la actualidad es uno de los últimos testigos de lo que debió ser en otros tiempos la vegetación de toda La Mancha.

Si la parte acuática del parque ha sufrido un fuerte impacto en los últimos años, las laderas del valle vienen sufriendo agresiones desde antiguo. Las talas continuas y masivas para carboneo y el pastoreo incontrolado, que duran ya siglos, unidos a la construcción de urbanizaciones y a las talas para implantar nuevas zonas de cultivos, han destruido gran parte de los bosques de encinas quedando ejemplares sueltos que, en algunos casos, son milenarios y presentan una altura notable.

Con respecto a la fauna, es de destacar que el ruido, la contaminación de las aguas y la colonización de los montes adyacentes (uno de los principales refugios de las aves) han hecho que retroceda hacia lugares más recónditos, fuera de la zona del parque, o hacia la margen izquierda del mismo, menos colonizada. Aún así, en las lagunas mejor conservadas como la Conceja, la Tomilla, la Coladilla o la Cenagal, la observación de determinadas especies se realiza con relativa facilidad.

Entre la fauna de aves acuáticas que se encuentra en las Lagunas de Ruidera cabe citar: porrón común, porrón moñudo, pato colorado, ánade real, cerceta común, pato cuchara, ánade friso, ánade rabudo, focha común, somormujo lavanco, zampullín chico y pollas de agua. También se observa la presencia de especies catalogadas como de interés especial, de acuerdo con el Real Decreto 439/90 de 30 de marzo: águila pescadora, águila calzada, águila culebrera, águila perdicera, ratonero común, azor y calamón y, como especie catalogada en peligro de extinción, la cigüeña negra (I.T.G.E., 1991).

La zona del monte es típica por la presencia de especímenes de lagomorfos, especialmente conejos. También es característica la perdiz roja (existen gran cantidad de cotos de caza). Otras aves comunes en la zona son los rabalargos, pájaros carpinteros, vencejos y aviones.

En el agua de las lagunas aparecen carpas comunes, lucios comunes, ranas verdes, sapos comunes y cigüeñas blancas.

En lo que se refiere a la demografía, la población asentada en la zona es de unas 25.000 personas, pertenecientes a diez municipios. La densidad de población (15 habitantes por km²) es muy inferior a la media nacional y presenta una marcada tendencia regresiva.

La actividad económica se ha centrado históricamente en una precaria agricultura de secano (cereales, vid y olivo) hasta que en la década de los ochenta se produjeron una serie de transformaciones agrícolas, de cultivos de secano a otros de regadío a partir de la explotación del agua subterránea del sistema. Dado el escaso desarrollo de los suelos en el Campo de Montiel, por su naturaleza caliza y rocosa, los cultivos se han implantado principalmente en valles y navas donde el espesor de tierra vegetal es ligeramente mayor.

En las zonas de monte bajo y de bosque, que ocupan la mayoría de la superficie del acuífero, los aprovechamientos forestales tienen escasa importancia y su aportación a la economía de la zona es mínima. El desarrollo de la caza como actividad deportiva sí ha alcanzado en los últimos años un considerable auge en la economía de la zona (C.I.D.E.S.P.A., 1988).

Las escasas industrias existentes en el Campo de Montiel se relacionan con actividades de carácter local o subsidiarias de la Agricultura y los Servicios.

3. ANTECEDENTES

En este apartado se reflejan todos los trabajos sobre el Campo de Montiel y las Lagunas de Ruidera que fueron recopilados por MONTERO (1994), y otros posteriores.

El mapa más antiguo que hemos encontrado de las Lagunas de Ruidera es el realizado en 1772 por MANZANARES; comprende la parte oriental de la provincia de Ciudad Real incluido el Campo de Montiel y las Lagunas de Ruidera, representadas como un rosario de cuentas de tamaño y formas desiguales.

Entre los años 1845 y 1850, MADDOZ define el Campo de Montiel como “... *el territorio que en la provincia de Ciudad Real y alguna limítrofe, ocupan los pueblos pertenecientes a la Orden de Santiago, y que antes de la nueva división territorial formaban un solo partido administrativo y judicial, cuya capital era la Villa de Infantes...*”. Después hace una descripción detallada del río Guadiana afirmando que “... *su nacimiento ha sido siempre una curiosa y debatida cuestión...*” y que “... *sus fuentes son bastante perennes...*”. Al describir la sucesión de las Lagunas de Ruidera incluye la Laguna Escudero, aguas arriba de la Blanca y, sin embargo, no cita la laguna Tomilla, a la que con certeza engloba en la laguna de Ruy-Pérez, después llamada Concejo. Además, cita el hecho de la pérdida progresiva de agua en el río hasta su desaparición, aguas abajo de la angostura de Peñarroya. Descalifica exaltadamente la creencia de que los Ojos del Guadiana sean la resurgencia del río infiltrado a la salida del Campo de Montiel, considerando que se trata de dos ríos diferentes y sin ninguna relación entre sí.

En 1849 CASTRO realiza por Real Orden un Plano de las Lagunas de Ruidera y un perfil de las mismas. Nombra como laguna Concejo al conjunto de las que hoy día se denominan Concejo y Tomilla. Representa una pequeña laguna, entre la San Pedro y la Redondilla, que llama Charcón, y

que sólo en una publicación posterior hemos visto mencionada como laguna Taza. La laguna Moreilla aparece como Ibáñez o Santo Morcillo y la Batana, como Burrucosa.

CORTÁZAR realiza en 1880 un estudio geológico de la provincia de Ciudad Real para la Comisión del Mapa Geológico de España (origen del Instituto Geológico y Minero, actualmente Instituto Tecnológico Geominero). En su descripción de las formaciones litológicas de dicha provincia se mencionan las aflorantes en el Campo de Montiel, a las que asigna una edad Triásica. En cuanto a la descripción del Guadiana Alto, dice que “... *Guadiana Alto y Bajo tienen más relación que la que se ha tratado de sostener modernamente...*” y que las aguas que brotan de los Ojos del Guadiana proceden no sólo de las que “... *los hidrometeoros vierten en la elevada mesa que se extiende entre Villarta, Argamasilla, Manzanares y Daimiel, sino también de las que conducidas por el Guadiana Alto, se infiltran por su cauce, y naturalmente han de buscar salida por puntos menos elevados...*”.

El siguiente trabajo sobre la zona aparece en 1916 y se debe a BOSCA. Al enumerar las lagunas cita la Escudero como la primera y no nombra la Tomilla, a la que debe incluir en la del “*Consejo... antes llamada Ruy-Pérez*”. De la Lengua dice “... *es notable por originarse en un golpe de agua subterránea ...*”. Explica cómo es atribuido a un terremoto el paraje denominado Hundimiento, donde caen en cascada las aguas sobrantes de la laguna Del Rey. Litológicamente, el Campo de Montiel está constituido, según el autor, por calizas terciarias apoyadas sobre cuarcitas primarias impermeables. Es este hecho el que le lleva a proponer un modelo hidrogeológico por el cual “... *la caliza sirve de superficie colectora del agua meteórica ...*”, la cual sería retenida por el fondo impermeable, produciéndose la descarga a favor del contacto entre ambos materiales.

Entre 1927 y 1931(a y b), la DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS (D.G.O.P.) realiza tres informes sobre las características geológicas de los alrededores del embalse de Peñarroya en los que se presenta los resultados de los sondeos practicados con vistas a la construcción de la presa.

En 1928(b) HERNÁNDEZ PACHECO publica un artículo sobre el río Guadiana del que expresa como particularidad su falta de terrazas. En este trabajo se hace, por primera vez, una descripción morfoestructural del Campo de Montiel y se ofrece la primera hipótesis sobre el origen de las lagunas. Según el autor, el valle del Guadiana se habría formado al circular el agua por los hundimientos de las calizas, que se deberían a la adaptación de éstas a algún resto de sinclinal o depresión herciniana del sustrato paleozoico. El hecho de que la alimentación del río sea subterránea y a expensas de la

infiltración del agua de lluvia sobre las calizas fisuradas explica para el autor la inexistencia de cantos rodados.

Publica también HERNÁNDEZ PACHECO en 1928(a) un artículo sobre las Lagunas de Ruidera. Designa con el nombre de “torcas” a los “... *hundimientos del nivel calizo por disoluciones de los yesos infrayacentes* ...” que serían el origen de las lagunas. Vuelve a repetir que la red hidrográfica subterránea y superficial se ha acomodado a una “alineación tectónica directriz”, ofreciendo como prueba la existencia de un pequeño afloramiento paleozoico cerca de la laguna de San Pedro.

En 1930(a y b) JESSEN realiza un trabajo en el que aporta nuevos puntos de vista, tanto a nivel geomorfológico como sedimentológico, sobre la zona. En primer lugar, aprecia en el Campo de Montiel varias superficies de arrasamiento que, muy posteriormente, son descritas por otros autores. En segundo lugar, reconoce los carbonatos travertínicos que cubren el suelo del valle, las terrazas travertínicas asociadas a los bordes del mismo, las barreras travertínicas que separan las lagunas y las “viseras” producidas por las cascadas. Asimismo, ofrece una hipótesis sobre el origen de las lagunas muy cercana a las que hoy imperan: supone una etapa de desarrollo de la vegetación en un período de clima húmedo y frío al que seguirá una época de mayor aridez y temperatura que provocaría una disolución parcial de los travertinos formados en la etapa anterior, dando lugar al origen de pequeñas charcas que, al agrandarse y fusionarse, se convertirían en lagunas.

En 1930 HERNÁNDEZ PACHECO publica, en el Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, la explicación del Real Decreto de 26 de julio de 1929 por el que se dispone la creación de los Sitios y Monumentos Naturales de Interés Nacional. A raíz de este decreto se declararían las Lagunas de Ruidera como “Sitio Natural de Interés Nacional”, por Orden Ministerial del Ministerio de Agricultura del 31 de octubre de 1933.

Posteriormente, en 1932(a), vuelve HERNÁNDEZ PACHECO a tratar sobre la desaparición del Guadiana y sobre el modelo hidrogeológico del Campo de Montiel.

En este mismo año (1932b), en su “Síntesis fisiográfica y geológica de España”, dedica un capítulo a la Llanura de la Mancha. De nuevo describe las Lagunas de Ruidera y repite lo expresado en sus trabajos anteriores sobre la zona. Narra unas experiencias realizadas con fluoresceína en algunos pozos de la llanura de San Juan con el fin de determinar la permeabilidad del acuífero, y aclara la relación entre el Guadiana Alto y el Nuevo apoyándose en los resultados obtenidos en dichas experiencias.

En los años 1934 y 1941, el I.G.M.E. publica los primeros mapas geológicos a escala 1:50.000 sobre el Campo de Montiel, siendo autores de ambos

Dupuy de Lome y Gorostizaga. Se trata de las hojas nº 741. Minaya y nº 764. Munera. En estos mapas se incluye un capítulo de “Hidrología Subterránea” en el que aparece un inventario de puntos de agua con algunos análisis químicos.

PLANCHUELO PORTALES (1944) realiza un trabajo sobre las observaciones efectuadas durante una excursión al Campo de Montiel en el que se describen detalladamente las lagunas y su entorno. Apoya la hipótesis de HERNÁNDEZ PACHECO sobre la formación de las lagunas, es decir, hundimiento de las calizas por disolución de los yesos infrayacentes condicionado por directrices hercinianas. Cita la existencia de un período de sequía, en los años 1942 y 1943, que produjo el agotamiento del manantial de los Zampoñones “... *el más fundamental venero de todo el Guadiana* ...”, el cual no se había secado en los últimos treinta años. Asimismo, observa que el agua de la laguna Del Rey había dejado de desbordarse por el Hundimiento.

Este mismo autor realiza en 1948 una síntesis del Plioceno de La Mancha. Considera de edad pliocena “... *la gran masa de aluviones con cantos rodados y arenas que, procedentes del Campo de Montiel, atraviesan el Guadiana al asomarse a la llanada de Argamasilla de Alba* ...”.

De nuevo, en 1948, HERNÁNDEZ PACHECO publica un trabajo sobre La Mancha en el que no aporta nada que no hubiese citado ya en sus trabajos anteriores sobre la zona.

En 1951(a y b) el I.G.M.E. edita dos nuevas hojas del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, las cuales fueron realizadas en 1932 por Dupuy de Lome y Gorostizaga. Son los números 740. Villarrobledo y 763. Sotuélamos. A las calizas que constituyen el Campo de Montiel les es asignada una edad Triásica, en concreto del Muschelkalk, atribuyendo edad infracretácica a las que afloran hacia el este. No establecen un límite exacto entre ambas, puesto que son azoicas, siendo sus diferencias tan sólo litológicas. Es importante señalar que la región es considerada de escaso interés hidrogeológico, aludiendo a la rápida infiltración del agua en estos terrenos permeables y a la ausencia de niveles impermeables que faciliten la acumulación del agua.

SOLÉ SABARÍS, en su tratado de geografía publicado en 1952, vislumbra un origen cárstico para las lagunas “*17 hoyas*”. Para este autor, el agua de lluvia se infiltra en la gran masa de Carniolas “*calizas y dolomías del Trías superior*”, introduciéndose entre las oquedades producidas por la disolución de la roca. Este agua se acumula al llegar al contacto con las arcillas impermeables del Keuper, lo cual determina la brusca emergencia de los manantiales en dicho contacto “... *como típicas fuentes vaclusianas pro-*

pias de los macizos cársticos ... ". Por otra parte, apoya la hipótesis de HERNÁNDEZ PACHECO sobre la desaparición del Guadiana en la llanura de San Juan, aunque ofrece como causa principal la elevada evaporación consecuencia de la aridez climática.

En 1954, PLANCHUELO PORTALES publica su Tesis Doctoral sobre el Alto Guadiana y el Campo de Montiel. En este trabajo vuelve a apoyar, al igual que lo hiciera en su anterior publicación de 1944, la hipótesis de HERNÁNDEZ PACHECO sobre el origen tectónico de las Lagunas de Ruidera. Se muestra en desacuerdo con la hipótesis de JESSEN "... *porque no acierta a explicar bien el escalonamiento y la orientación de las lagunas ...* ". Cifra éstas en quince y alude a dos charcas por encima de la Blanca, la Nava del Caballo y la Escudero. Menciona la existencia de una larga sequía, ya citada en su trabajo de 1944, que produjo un descenso muy importante en el nivel de las aguas, dejando al descubierto conductos de manantiales y secando lagunas poco profundas, como la Redondilla.

El I.G.M.E. edita entre 1954(a, b y c) y 1955 cuatro nuevos mapas geológicos de la zona a escala 1:50.000. Son las hojas nº 762, Tomelloso, realizada por Meseguer y Kindelan, nº 788, El Bonillo, realizada por Dupuy de Lome, nº 815, Robledo, realizada por Dupuy de Lome y Templado y nº 814, Villanueva de la Fuente, realizada por Dupuy de Lome.

Dupuy de Lome asigna, por primera vez, al Infralías o Suprakeuper las carniolas antes datadas como Triásicas. Describe la existencia de pequeñas fallas que relaciona con la génesis de las lagunas. Asimismo, cita cómo en el invierno de 1953 las lagunas Redondilla y Lengua se encontraban prácticamente secas y la de San Pedro muy disminuida y cómo la laguna Blanca queda casi seca en los meses de verano. Critica las hipótesis de Hernández Pacheco sobre el control ejercido por la topografía paleozoica y sobre los hundimientos de las carniolas en relación a la formación de las lagunas. Expone una nueva hipótesis por la cual las hondonadas de las lagunas se deben a la erosión de las carniolas, producida por corrientes de agua que circularían a favor de pequeños hundimientos ligados a fallas.

Posteriormente, HERNÁNDEZ PACHECO, en las dos partes en que se divide su obra "Fisiografía del Solar Hispano" publicadas en 1955 y 1956, vuelve a describir las lagunas de Ruidera y los paisajes que las rodean, calificándolas de nuevo como "*torcas ... que tienen manantiales en el fondo*".

Dupuy de Lome y Meseguer realizan para el I.G.M.E. (1956) el último mapa geológico a escala 1:50.000 de la primera serie sobre la zona de estudio. Se trata de la hoja nº 789, Lezuza.

Ese mismo año publica PLANCHUELO un trabajo de síntesis sobre la zona en el que no aporta nada nuevo. Solamente apunta la existencia de una triple divisoria hidrográfica en el Campo de Montiel.

No es hasta 1966 cuando E.D.E.S., S.A. realiza el primer estudio hidrogeológico del Campo de Montiel, englobado en la Cuenca Alta del Guadiana. Se vislumbra la importancia hidrogeológica de los materiales jurásicos, con unas *“... reservas muy destacadas ...”* sobre todo debido a las *“... escasas labores de captación que en él se han realizado ...”*. Se destaca como una de las zonas de mayor interés el borde norte del Campo de Montiel, afirmando que *“... la explotación de tal unidad podría dar lugar a la desecación de importantes zonas pantanosas con los beneficios que tal extremo trae consigo ...”*.

Dos años después, en 1968, el I.G.M.E. realiza un informe hidrogeológico sobre el término municipal de Villahermosa, al sur del Campo de Montiel, con el fin de mejorar el abastecimiento urbano. Llega a la conclusión de que no abundan las aguas subterráneas en la región y de que las captaciones deben realizarse *“... en las proximidades de zonas pantanosas o en veneros ya conocidos ...”*. También destaca la existencia de varios afloramientos de Keuper que, por un lado, *“... origina la contaminación de diversos pozos ...”* pero, por otro, condiciona la presencia de numerosos manantiales, como el de Fuensomera o el de Ojo Millán.

En 1969, SÁNCHEZ DE LA TORRE et al. realizan un trabajo sobre la divisoria hidrográfica Júcar-Guadiana, en la zona del Campo de Montiel. Señalan la existencia de tres acuíferos en la zona: uno “freático”, formado por las calizas superiores del Lías apoyado en el tramo margoso del Lías medio, y dos profundos, formados por las calizas del Lías inferior y por las areniscas del Bundsandstein, apoyadas respectivamente sobre el Keuper y sobre las pizarras paleozoicas. Se indica también la posible falta de coincidencia entre las divisorias superficial y subterránea de ambos ríos, con un flujo subterráneo predominante hacia la cuenca del Júcar.

En 1971, LAUTENSACH, al describir La Mancha, afirma que se caracteriza por el predominio absoluto de la penillanura postpontense y que el Campo de Montiel es una parte suavemente inclinada de esta penillanura, pero que las superficies de erosión que se conservan en sus puntos más elevados pueden ser más antiguas.

El I.G.M.E. publica entre 1971(a) y 1972(a y b) las hojas correspondientes a esta zona del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000. Se trata de los números 61, Ciudad Real, 62, Tomelloso y 71, Villacarrillo. Son trabajos de síntesis de la cartografía y de los estudios realizados hasta entonces en el área de cada una de las hojas. En el mapa de Tomelloso se menciona la posible existencia de materiales cretácicos sobre los jurásicos del Campo de Montiel. Concretamente se atribuye edad cretácica a la serie de Ossa de Montiel, que en el mapa 1:50.000 de El Bonillo (1954) se databa

como miocena. Se cita la semejanza de esta serie con otras series cretácicas al norte de la hoja y la concordancia de los materiales cretácicos con los jurásicos, como datos en contra de la posible edad miocena de la misma.

En 1973, la empresa E.D.E.S., S.A. realiza un trabajo sobre los peligros que amenazaban la supervivencia del ecosistema de las lagunas como consecuencia de la ausencia de planificación urbanística en la zona. Sin embargo, no se citan como amenaza para las lagunas las extracciones que algunos años después se llevarían a cabo en su cabecera.

En 1973, HEVIA ÁLVAREZ, en la conferencia "Las aguas subterráneas" pronunciada en el Centro de Estudios Asturianos de Oviedo, desmiente la antigua creencia de que el río Guadiana desaparece poco más abajo de su nacimiento en las Lagunas de Ruidera para volver a salir a la luz en los Ojos del Guadiana. Resalta que en su primer tramo el cauce del Guadiana salva una serie de escalones o pequeñas cascadas, representando un corte transversal, en el que el río se asienta sobre las margas del Triásico y otro longitudinal, en el que las lagunas se asientan sobre las calizas del Lías que se dibujan como bloques fallados, hundidos hacia aguas abajo del río.

En 1975(a y b), el I.G.M.E. publica los primeros mapas de la serie MAGNA de la zona. Se trata de las hojas nº 763, Sotuélamos y nº 789, Lezuza. Frente al escaso interés hidrogeológico de la región que se reflejaba en los mapas 1:50.000 de la primera serie, se considera ya aquí que las calizas del tramo inferior del Lías forman un buen acuífero, gracias a su elevada permeabilidad y a estar impermeabilizadas en su base por sedimentos arcillosos del Keuper. De la misma forma, en la hoja de Lezuza se hace extensible este hecho a las calizas jurásicas en general, cuya permeabilidad se debe a fisuración y carstificación. A esta última se le atribuye una edad prepliocena puesto que muchas depresiones cársticas están fosilizadas por rañas.

En 1976 se publica la hoja nº 788, El Bonillo, de la serie MAGNA. Se vuelve a insistir en el interés hidrogeológico de las calizas y dolomías del Infralías. Atribuye al Pleistoceno la serie de Ossa de Montiel, datada anteriormente como miocena o cretácica, basándose en su posición y cota altimétrica. Propone la hipótesis del hundimiento de las lagunas, aludiendo la existencia de capas de travertino varios metros por encima del nivel máximo actual del agua.

TORRENS et al. publican en 1976 un estudio hidrogeológico sobre la relación entre los acuíferos del Campo de Montiel y de la Llanura Manchega. En este trabajo se incluye el primer mapa de isopiezas del acuífero del Campo de Montiel, en el que puede observarse cómo el Guadiana Alto drena gran parte del acuífero y cómo los demás ríos que nacen en la

zona “... imponen unas divisorias dinámicas, que separan la unidad hidrogeológica del Campo de Montiel, en otras subunidades ...”. Se evalúan, también por primera vez, los parámetros de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, siendo la primera de 50-1500 m²/día para las carniolas, 10-50 m²/día para las margocalizas del Lías medio y 500-1000 m²/día para las calizas oolíticas del Lías superior. Por lo que se refiere al coeficiente de almacenamiento, oscila entre 0,01 y 0,05 para las carniolas. Se estima el primer balance hídrico para el Campo de Montiel con 212 hm³ de recursos, de los que más del 60% proceden de la infiltración y el resto de la escorrentía superficial. Es interesante el dato de 4,5 hm³/año de extracciones para regadío y consumo urbano (año 1976), cuando pasados 12 años pudimos estimarlo en 36 hm³/año. Ofrece también este trabajo un importante dato geológico que puede explicar la alta permeabilidad del acuífero en la cabecera de las lagunas: “... el Valle del Guadiana Alto es un anticlinal en cuya charnela, aflora el Keuper ... la diaclasación es muy frecuente sobre todo en la zona central a lo largo del Valle del Guadiana Alto, que produce un área de alta permeabilidad ...”. Por último, hay que indicar que los autores se muestran contrarios a las hipótesis de Hernández Pacheco y Planchuelo Portales en relación con el origen de las lagunas, ya que no existe “... un aparato que justifique ...” la teoría de los hundimientos.

En 1977(a y b) el I.G.M.E. publica dos nuevas hojas de la serie MAGNA, la nº 740, Villarrobledo, y la nº 814, Villanueva de la Fuente. En esta última se debe destacar la ausencia de todos los afloramientos de Keuper existentes en esta zona del acuífero y que, sin embargo, sí fueron cartografiados en el trabajo del I.G.M.E. de 1968. Por otra parte, se afirma que los acuíferos más importantes existentes en la zona son el de las calizas y dolomías del tramo superior del Lías y, en segundo lugar, el formado por las dolomías y carniolas del tramo inferior. Opinión discordante con las transmisividades calculadas en ambos materiales por otros autores.

ROIZ GARCÍA publica en 1977 un estudio geomorfológico sobre el borde septentrional del Campo de Montiel en el que distingue tres unidades geomorfológicas: un glacis de acumulación de materiales tipo “raña” de edad pliocuaternaria formado a partir de depósitos del Cretácico detrítico y que se deposita sobre una superficie de erosión finimiocena o pliocuaternaria; un glacis de acumulación cuaternario, la Llanura Manchega, en el que se encaja la red fluvial actual y, entre ambos, el modelado uniforme del Campo de Montiel, con un relieve de erosión originado por la ruptura de la superficie de la “raña”. Dentro de esta última unidad se puede distinguir un glacis de cobertera posterior a la “raña”.

El I.G.M.E., en los años 1978 y 1979, publica las dos últimas hojas de la serie MAGNA de la zona. Son la nº 741, Minaya, y la nº 815, Robledo. En esta última consideran a las carniolas y dolomías del Lías inferior como un buen acuífero, aunque insisten en que las calizas y dolomías del tramo superior del Lías son el acuífero más importante en la zona.

SOLÉ SABARÍS, en su tratado de geografía publicado en 1978, considera las Lagunas de Ruidera como lagos de origen cárstico que se alojan en cubetas excavadas por disolución del agua en las calizas y dolomías. Cifra en siete el número de lagunas y las califica como el ejemplo más destacado de lagos de aquel origen en España. También afirma que “... *el agua salta de unas lagunas a otras proporcionando un caudal de 2.205 l/min...*”.

MARTÍN SERRANO y GARCÍA ABBAD, en 1979, realizan un estudio morfoestructural del límite suroriental de la Meseta, destacando el claro contraste entre la estructura tabular, sin perturbaciones, del Campo de Montiel, frente a la compleja región con tectónica de escamas existente pocos kilómetros al SE del mismo, en la Sierra de Alcaraz.

Ese mismo año, la DIRECCIÓN GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE realiza un estudio previo de la zona, como ampliación del realizado por E.D.E.S.,S.A (1973), en el que se estudia con cierto detalle el medio físico de la misma y se concretan los impactos ambientales existentes. Se promovió este trabajo con vistas al futuro Plan de Protección de las Lagunas de Ruidera. En este estudio tampoco se menciona la incidencia de los bombeos de agua subterránea como riesgo para las lagunas.

También es en 1979 cuando GARCÍA-HERNAN y GARCÍA-HERNAN y MARTÍNEZ ALFARO realizan sendos trabajos en la zona de contacto entre el Campo de Montiel y la Llanura Manchega con el fin de analizar las posibilidades de efectuar una recarga artificial en el acuífero mioceno, en la zona regable del Embalse de Peñarroya, con las aguas sobrantes y no reguladas para riego procedentes del Guadiana Alto. Se destaca el desequilibrio interanual que provoca que en los meses de verano ascienda el nivel freático debido a la recarga por riego. En el segundo trabajo se proponen cuatro formas de recarga: inducción a través del canal de avenamiento, acondicionamiento de los canales mediante azudes, utilización de graveras abandonadas y recarga profunda en pozos abandonados o construídos a propósito.

NIÑEROLA y TORRENS, también en 1979(a y b), publican dos trabajos sobre la zona. En el primero de ellos consideran el Campo de Montiel como un acuífero único formado por calizas, dolomías y margas jurásicas, con un espesor de 150 metros, que se comportaría como libre. Las transmisividades fueron estimadas en base a los caudales específicos, obteniéndose

se unos valores de 1500 m³/día para las calizas y dolomías en zonas de máxima fracturación, de 50-100 m³/día para los mismos materiales en puntos con zona saturada mayor pero no fracturados, entre 10 y 50 m³/día para el tramo central margoso y de 500 a 1000 m³/día para el tramo superior calizo. El coeficiente de almacenamiento se estimó entre 0,01 y 0,05. Los recursos totales de la zona, procedentes de la precipitación, se evaluaron en 210 hm³/año, de los que 135 hm³/año serían de agua subterránea.

En el segundo de los trabajos citados se describen las características químicas de las aguas subterráneas en el Campo de Montiel: tienen una mineralización importante (entre 500 y 2000 µmhos/cm) y su dureza es de media a dura (12 - 65°F). En general son bicarbonatadas con contenidos muy variables en sulfatos. Destacan el alto contenido en nitratos de muchas de las muestras, afirmando que son debidos a "... *contaminación natural, favorecida por la alta capacidad de infiltración del Sistema...*" y que los más fuertes valores se deben a "... *contaminación agrícola y/o urbana...*". También destacan las variaciones temporales en la composición química de las aguas, cuyas mayores mineralizaciones fueron medidas en momentos de niveles piezométricos bajos.

En 1979, el I.G.M.E. publica un trabajo sobre la cuenca alta y media del Guadiana, en cuyo tomo dedicado al Campo de Montiel se realiza una descripción geográfica, climatológica, hidrológica y geológica del mismo. En el capítulo de hidrogeología se ofrecen valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento semejantes a los expuestos por NIÑEROLA y TORRENS (1979). Explican la diversidad de transmisividades en materiales semejantes, no sólo por influencia de la carstificación, sino también por haber muy pocos pozos totalmente penetrantes en el acuífero en aquel momento. Por lo que se refiere a las características químicas del agua subterránea, obtienen conductividades más bajas que Niñerola y Torrens, 430 µmhos/cm que llegan a 800-900 µmhos/cm por término medio; el contenido de nitratos se considera normal y sólo en algunos puntos sobrepasan el límite de potabilidad debido a abonos nitrogenados. Presenta también este trabajo un detallado balance hidráulico por subcuencas, ya que los diversos ríos que drenan el acuífero imponen el gradiente del agua subterránea y las divisorias dentro del sistema.

El I.G.M.E. como síntesis del trabajo anterior, publica en 1981 un resumen de la cuenca alta y media del Guadiana en el que se consideran 175 hm³/año las aportaciones por infiltración directa de la lluvia en el Campo de Montiel. Las descargas se producirían por el drenaje de los ríos, 77 hm³/año, por alimentación lateral al sistema acuífero 23, 55 hm³/año, por descarga hacia las cuencas del Júcar y Guadalquivir, 38 hm³/año, y, por último, se extraerían 5 hm³/año para consumo de abastecimientos y regadíos.

En 1981 se lleva a efecto el Plan Especial de Protección recomendado en el informe de la Dirección General de Medio Ambiente de 1979 (C.E.O.T.M.A.-I.N.I.T.E.C., S.A., 1981). Se incluye un estudio geológico, un análisis de la contaminación de la lámina de agua y de vertidos residuales y se define el área de protección del acuífero. Se alude a la necesidad de protección de las aguas subterráneas frente a vertidos indiscriminados, sin embargo, y a pesar de reconocerse el auge de la agricultura en la zona y el singular equilibrio hidrológico por el cual existen las lagunas, no se cita la incidencia ambiental que tendrían las extracciones de agua para regadío.

En 1982 el M.O.P.U. publica en su Boletín de Información el Plan de Protección y Ordenación de las Lagunas de Ruidera anteriormente mencionado.

En 1982 PÉREZ GONZÁLEZ individualiza la unidad morfológica del “Campo de Montiel” a la que considera una altiplanicie poligénica y donde distingue 3 superficies erosivas: la superior es la más antigua y degradada, aparece entre las cotas 1100 y 970 y es datada como de edad miocena; la intermedia, desarrollada a cotas entre 20 y 40 metros por debajo de la anterior, se denomina “Superficie de El Bonillo”; la inferior, es la mejor conservada, se denomina “Superficie de Ossa de Montiel” y sobre ella se desarrolla el complejo hidrológico de Ruidera.

El I.G.M.E edita en 1982 la segunda edición de la hoja nº 61, Ciudad Real, del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, como síntesis de la cartografía existente hasta la fecha.

OLIVARES TALENS y RUIZ CELAÁ publican en 1983 un trabajo realizado a lo largo del período 1977-1982 en el que muestran la evolución de varios parámetros químicos en los acuíferos de la Cuenca Alta del Guadiana. Para el Campo de Montiel las conclusiones son: los valores de conductividad tienden a mantenerse entre 800 y 1000 $\mu\text{mhos/cm}$; paralelamente, la dureza oscila entre 35 y 50°F; tienden a incrementarse los nitratos, siendo 1982 el año con valores más altos y presentando este acuífero los máximos de toda la Cuenca del Guadiana, con valores medios entre 70 y 120 mg/l; igualmente aumentan los sulfatos, siendo los valores medios de 150 a 250 mg/l; a partir de 1979 se produce un acusado descenso de los niveles, aduciendo los autores una relación entre este descenso y el aumento de nitratos y sulfatos.

OLIVARES TALENS presenta una ponencia en el I Congreso Nacional de Geología (1984) en la que llama la atención sobre la necesidad de conservar los humedales de la Cuenca Alta del Guadiana, entre los que están incluidas las Lagunas de Ruidera.

En 1985(a y b) la JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA-LA MANCHA edita dos folletos de divulgación del Parque Natural de las Lagunas de Ruidera. En ellos aparece representada la Laguna Taza, que sólo hemos encontrado citada en el trabajo de CASTRO de 1849, en el que se denominaba Charcón.

También en 1985, el I.G.M.E., junto a la empresa C.G.S., publica una síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha. En ella se describe el Campo de Montiel como un sistema acuífero en estrecha relación con los de la Llanura Manchega, existiendo una conexión hídrica subterránea entre ambos. Su superficie se estima en 2655 km² y, en cuanto a la calidad de las aguas, se dan los mismos valores que en el trabajo de OLIVARES TALENS y RUIZ CELAA de 1983. Sin embargo, el balance hidráulico varía con respecto al último publicado por el I.G.M.E. en 1980. Se consideran unas entradas al sistema de 135 hm³/año procedentes de la infiltración del agua de lluvia, frente a los 175 hm³/año del trabajo anterior. En cuanto a las salidas, se estiman en 75 hm³/año lo drenado por ríos y lagunas y 50 hm³/año cedidos al sistema 23 (Llanura Manchega), frente a los 77 y 55 respectivamente que se citaban en 1980; se duplica el consumo por bombeo, pasando a 10 hm³/año; no se tiene en cuenta la descarga hacia las cuencas del Júcar y Guadalquivir y se calculan unas reservas de 3000 hm³.

Ese mismo año, el S.G.O.P. realiza un informe hidrogeológico en la zona sur del acuífero como consecuencia de los primeros efectos que los bombeos de las aguas subterráneas para regadío estaban produciendo sobre el acuífero, en concreto sobre sus manantiales. Es interesante comprobar cómo en 1987 se cumplieron las predicciones sobre determinados puntos de abastecimiento que, tras continuar las extracciones de agua por los pozos, vieron agotar su caudal. También se recomienda el cese de los bombeos en dicha zona sur.

ORDÓÑEZ, GARCÍA DEL CURA, LÓPEZ DE AZCONA y GONZÁLEZ MARTÍN publican en 1985 dos trabajos sobre las Lagunas de Ruidera. En el primero (1985a) proponen un modelo genético de los diques travertínicos asociado al flujo, por angosturas del valle, de aguas superficiales sobresaturadas, lo cual provocaría la desgasificación del CO₂ y la precipitación de carbonatos. Para las terrazas travertínicas se ofrece el mismo origen, siendo su desarrollo paralelo al ascenso del nivel del agua en la laguna por efecto del embalsamiento favorecido por los diques. En el segundo (1985b) aplican un modelo físico-químico a un conjunto de nueve muestras de agua recogidas en las lagunas en los años 1980, 1982 y 1983 y llegan a la conclusión de que todas ellas están próximas a la saturación de calcita. La desgasificación, de tipo biofísico-químico-mecánica, en las zonas de cas-

cada deprime la presión de CO_2 y provoca la precipitación de carbonatos; en las zonas encharcadas ocurre lo contrario, la respiración de los seres vivos y la putrefacción anaerobia hacen aumentar la presión de CO_2 , con lo cual se disuelven los carbonatos y aumenta la actividad del ión Ca^{++} . Afirman también que las actuales lagunas representan un episodio evolutivo, habiéndose determinado al menos otra etapa anterior semejante a la actual disecada por el encajamiento de la red fluvial. Asimismo, sostienen los autores que la actividad humana ha roto el equilibrio del sistema y que, actualmente, funciona de manera residual.

En 1986(a y b), ORDÓÑEZ, GONZÁLEZ MARTÍN y GARCÍA DEL CURA publican dos nuevos trabajos sobre las lagunas en los que se describen petrográfica y morfológicamente las formaciones tobáceas y travertínicas del conjunto lacustre del valle del Alto Guadiana. También se sintetizan, ilustran y desarrollan con mayor profundidad las ideas esbozadas en los trabajos anteriores. Aportan una interesante idea: no descartan la circulación subterránea de agua bajo las lagunas basándose en las temperaturas medidas en manantiales de represas, aunque carecen de otros tipos de datos para afirmarlo.

El I.G.M.E. realiza en 1986(a) un informe sobre las afecciones al nacimiento del río Jabalón (al sur del acuífero) por explotaciones de aguas subterráneas, al igual que lo hiciera el S.G.O.P. un año antes. Se llega a la conclusión de que las explotaciones subterráneas en la zona no son las únicas causantes del descenso de caudal de dicho río y que el factor fundamental que ha provocado dicho descenso es la ausencia de precipitaciones. Se aduce la falta de capacidad reguladora del acuífero para amortiguar, de una forma natural, los efectos de los períodos de sequía. Poco tiempo después de realizado este informe se vieron afectados todos los manantiales al sur del acuífero, secándose o disminuyendo drásticamente sus caudales y continuando esta situación aún en períodos más húmedos.

En ese mismo año, el I.G.M.E. (1986b) presenta el informe de actualización y ampliación del conocimiento de los sistemas acuíferos de la Sierra de Altomira y del Campo de Montiel, en relación al acuífero de la Llanura Manchega. Dicho informe consta de 13 tomos en los que, entre otros estudios, figuran una síntesis geológica, un estudio estructural y gravimétrico, un informe de puntos para muestras de calidad, otro de control geológico de diversos sondeos, un estudio hidrológico y otro hidroquímico y dos informes sobre la piezometría y sobre la calidad química de las aguas subterráneas de la cuenca alta del Guadiana.

En 1987, HENTZSCH, MARTÍNEZ GOYTRE, LÓPEZ VERA, MARTÍNEZ FRÍAS y ARAGUÁS estudian diques y terrazas travertínicas

en las lagunas de Ruidera, datando las diversas muestras mediante la relación de actividad Th-230/U-234. Llegan a la conclusión de que los diques y terrazas más bajos son del Holoceno mientras que los niveles altos son del Pleistoceno superior, mostrándose dos períodos preferentes de crecimiento en los travertinos antiguos, entre 90.000-100.000 y 120.000-130.000 años.

GONZÁLEZ MARTÍN, ORDÓÑEZ y GARCÍA DEL CURA publican, también en 1987, un nuevo artículo sobre las Lagunas de Ruidera en el que tratan de la evolución geomorfológica de las mismas. Asocian la dirección SE-NO del valle del Alto Guadiana con factores estructurales en relación con la tectónica paleozoica, con posteriores disoluciones y colapsos de la cobertera y con una actuación fluvial posterior que desarrollase la intensa erosión lineal que necesita este valle encajado.

MARTÍNEZ GOYTRE, HENTZSCH, LÓPEZ VERA y MARTÍNEZ FRÍAS presentan, en 1988, un trabajo sobre la edad de las terrazas y diques travertínicos de las Lagunas de Ruidera en el que corroboran lo enunciado en el artículo de 1987. Realizan una datación de los travertinos por el método $\text{Th}_{230}/\text{U}_{234}$ y obtienen unas edades para las terrazas y diques inferior a 10.000 años (Holoceno); a las terrazas altas se les asigna una edad entre 80.000 y 140.000 años (Pleistoceno superior), con dos episodios: 90.000-100.000 y 120.000-130.000 años. Plantean la posible existencia de una tercera generación de terrazas mayor de 200.000 años. Por último, indican que el encajamiento de las terrazas en el Wurm fue de 20 metros, mientras que en el Holoceno tan solo se encajaron de 0,5 a 1 metro.

En ese mismo año ORDÓÑEZ y FELIPE publican un nuevo artículo referente a las Lagunas de Ruidera. Aplican a la génesis de los travertinos que las bordean un modelo matemático de la hidroquímica de las aguas de un macizo dolomítico-yesífero. En base a datos como el volumen de agua que se infiltra en la cuenca del Guadiana Alto, la temperatura de las aguas subterráneas y de las lagunas, la presión de CO_2 del suelo, el volumen de carbonatos travertínicos que se encuentran en el cauce actual del Guadiana Alto y, con la cautela que la imperfección de los datos de entrada exige, se concluye que la precipitación de carbonatos puede ser del orden de 2.200 Tm/año, lo que implicaría que el tiempo de formación de los travertinos del cauce actual del Guadiana Alto, supuesta una climatología constante, habría sido de 6.700 años.

Como consecuencia de los problemas que trajo consigo el agotamiento de la mayoría de los manantiales del sur del Campo de Montiel, se realizaron varios informes, desde finales de 1987 hasta mediados de 1988, por parte de la Comisión Mediterránea (I.A.G.M., 1987), la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR (1987), la CONFEDERA-

CIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (1988), el SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS (S.G.O.P., 1988a, b y c) y el INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E., 1988c). En todos ellos se llega a la conclusión de que las explotaciones de aguas subterráneas afectan de forma directa e inmediata a los principales manantiales que drenan, en régimen natural, el acuífero 24 (Campo de Montiel).

No obstante, en el informe realizado por el I.A.G.M. en septiembre de 1987 se afirma que la explotación afecta en poca medida a las reservas del acuífero y se limita a utilizar por bombeo el agua que, en condiciones normales, saldría por los manantiales. Interpretan los acusados descensos de nivel en el entorno de las captaciones como debidos a una deficiente transmisividad general de los materiales en esta zona. Para explicar la no afección a las reservas del acuífero se aduce la relativamente rápida recuperación de los niveles en los pozos. Estos dos razonamientos parecen contradictorios, y más aún cuando se demuestra en el Informe de la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (marzo de 1988) que el nivel freático en el sur del acuífero había descendido 12 metros en marzo de 1988 con respecto a 1986, habiendo sido el año 1988 hidrológicamente normal.

En el informe del S.G.O.P. de marzo de 1988(a) se analiza el funcionamiento del acuífero, concluyendo que tiene una pequeña capacidad de almacenamiento y funciona en ciclo anual. El agua de lluvia que se infiltra da origen a los manantiales que sólo se aprovechan en estiaje aunque desaguan su mayor caudal durante el invierno, perdiéndose ese agua al no ser utilizada. Por otra parte, se afirma que las extracciones que se realizan por medio de pozos hacen disminuir el caudal drenado por los manantiales. Esto se agrava en los años secos puesto que los recursos disponibles son menores. Aunque los recursos renovables son mayores que las extracciones, como éstas se producen concentradas en los meses de estiaje, se provoca una clara afección a los manantiales, que en esa época poseen un caudal más reducido.

En S.G.O.P. (1988b) se hace un detallado estudio hidrogeológico del acuífero en el que, por primera vez, se valora la influencia de la explotación de aguas subterráneas sobre el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera. Una de las conclusiones alcanzadas es que, de continuar el volumen de extracciones llevado a cabo en 1987, no podrían satisfacerse las demandas a partir del embalse de Peñarroya en uno de cada tres años y que, caso de producirse una secuencia de varios años secos continuados, se verían gravemente afectados tanto los riegos a partir del citado embalse como el Parque Natural.

En cuanto a S.G.O.P. (1988c), se realiza una correlación de las series de precipitación con las aportaciones mensuales a Peñarroya y un modelo digital del acuífero. Se llega a la conclusión de que la recarga se produce, casi exclusivamente, en los meses de febrero, marzo y enero. Además, las máximas aportaciones al embalse y, por tanto, al Parque Natural, se dan en marzo, febrero, enero y abril y las mínimas en noviembre, octubre, diciembre y septiembre. Por otra parte, a la vista de las afecciones que, según el modelo elaborado, es previsible que se produzcan sobre el Parque Natural, se estudian con detenimiento tres alternativas de actuación: reducción general de los bombeos para riegos de verano en el Campo de Montiel (que para que mejorasen el régimen de aprovechamiento del embalse de Peñarroya deberá ser superior al 50%), reducción selectiva de los bombeos existentes en el acuífero (con resultados poco relevantes o prácticamente nulos) e incremento de la capacidad de regulación del embalse de Peñarroya (que sería posible hasta 54-60 hm³ y que presentan como la solución más prometedora).

En 1988(a y b) el I.G.M.E. finaliza un proyecto para el control piezométrico, hidrométrico y de calidad de diversas cuencas hidrológicas, entre las que se encuentra la del Guadiana. En el informe de piezometría (1988a) se analiza la evolución del nivel de agua en los piezómetros de la Cuenca Alta del Guadiana y, en concreto, del Campo de Montiel, llegándose a la conclusión de que hasta 1988 un 35% de los puntos presentan estabilización de niveles; la mayor parte de los puntos situados en el límite entre los acuíferos del Campo de Montiel y de la Llanura Manchega destacan por su histórico descenso continuado de niveles, apreciándose también en otros puntos cercanos a las zonas de regadíos del Campo de Montiel descensos de niveles en los últimos años. En cuanto al informe de calidad (1988b), se analizan los principales parámetros físico-químicos en veinte muestras de agua tomadas en el acuífero desde 1974 a 1988, concluyéndose que son aguas bicarbonatadas y carbonatadas cálcico-magnésicas, de mineralización notable, de dureza media a dura y con índices agrícolas correctos.

Igualmente en 1988(c) el I.G.M.E. realiza el informe preceptivo que le solicita la Confederación Hidrográfica del Guadiana, cumpliendo lo establecido en el apartado 3 del artículo 171 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (REAL DECRETO 849/1986), tras declararse provisionalmente sobreexplotado el acuífero en abril del mismo año. Se concluye que: dada la geometría del acuífero no cabe hablar de capacidad de embalse (o reservas renovables) y tan solo en las cuencas drenantes hacia el sur del sistema podrían localizarse áreas susceptibles de regulación; los recursos del acuífero en la época de estiaje son aprovechados íntegramente en sus salidas naturales (dadas las características hidrogeológicas y la casi nula capa-

cidad de embalsamiento los caudales explotados por bombeo dejarán de fluir por los drenajes naturales del sistema hacia aprovechamientos preexistentes); la explotación por bombeo de los recursos hídricos afecta al Parque Natural de las Lagunas de Ruidera, ya que las extracciones detraen forzosamente caudales a los manantiales que alimentan a las lagunas; las extracciones por bombeo son muy inferiores al volumen medio de los recursos anuales renovables, por lo que no cumplen el artículo 171.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (REAL DECRETO 849/1986), sin embargo, la situación del acuífero del Campo de Montiel encaja en el artículo 41.2 de la LEY DE AGUAS en el que se dice que: *“Podrán ser declarados de protección especial determinadas zonas, cuencas o tramos de cuencas, acuíferos o masas de agua por sus características naturales o interés ecológico, de acuerdo con la legislación ambiental y de protección de la naturaleza. Los Planes Hidrológicos recogerán la clasificación de dichas zonas y las condiciones específicas para su protección.”*

En el mismo año, 1988, la empresa C.I.D.E.S.P.A., por encargo de la comunidad de regantes, realiza un informe sobre el acuífero del Campo de Montiel con objeto de rebatir el realizado por el Servicio Geológico y en contra de la declaración de sobreexplotación. Concluye que no existen argumentos técnicos para la imposición administrativa de polígonos que delimiten áreas de restricción del uso del agua subterránea, habida cuenta del carácter claramente excedentario del sistema acuífero.

En 1989, la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA realiza un estudio batimétrico de las Lagunas de Ruidera en el que, por primera vez, se mide con exactitud la profundidad de las mismas.

En este mismo año, MONTERO (1989) presenta su Tesis de Licenciatura titulada “Estudio hidrogeológico del Campo de Montiel” en la que se realizaron un inventario de más de quinientos puntos de agua, una evaluación de las extracciones de aguas subterráneas, un estudio pluviométrico e hidrológico, un balance hídrico por subcuencas hidrogeológicas y un análisis del funcionamiento hidrogeológico del acuífero.

También en 1989, MONTERO, MARTINEZ ALFARO Y LÓPEZ-CAMACHO publican un trabajo sobre la influencia de las extracciones de agua subterránea sobre las Lagunas de Ruidera en el que se concluye que, debido a su estructura geológica, el acuífero presenta baja capacidad de regulación; en la subcuenca del Guadiana Alto las extracciones anuales (27 hm^3) son del mismo orden de magnitud que los recursos medios en el estiaje (30 hm^3), hecho confirmado por los propietarios de los pozos quienes indican que, en muchos casos, éstos quedan secos o bajan su rendimiento al final del verano; analizadas las aportaciones al embalse de Peñarroya en una

serie de 52 años y comparándolas con las extracciones para regadío llevadas a cabo en la cabecera de las lagunas en 1987, se observa que uno de cada siete años éstas no recibirían aportaciones.

El SERVICIO GEOLÓGICO de la Dirección General de Obras Hidráulicas presenta en el mismo año (1989) un informe sobre el funcionamiento hidrogeológico del Campo de Montiel, las Lagunas de Ruidera y el río Guadiana Alto en el que se considera que las lagunas yacen sobre los materiales impermeables del Triásico superior (facies Keuper). En períodos de extrema sequía o en razón de intensas extracciones estacionales del agua del acuífero aguas arriba del sistema lagunar, puede ocurrir que el acuífero se vacíe, se merme el caudal de los manantiales, pudiendo llegar a secarse los más altos, y se debilite la conexión hidráulica entre algunas lagunas.

En 1990, MUÑOZ y PALACIOS publican un estudio sobre los meandros encajados sobre superficies calcáreas como la del Campo de Montiel. Llegan a la conclusión de que la red de cursos de agua responsable de dichos meandros se estableció y evolucionó sobre el recubrimiento continuo que formaban los depósitos detríticos depositados sobre las calizas durante el Terciario.

El mismo año, el I.T.G.E. (1990a) presenta la actualización de la infraestructura hidrogeológica del acuífero y evalúa las salidas de aguas superficiales del sistema 24 al 23. También en 1990(b) el I.T.G.E. realiza el proyecto de mejora de la infraestructura hidrogeológica del sistema 24 “Campos de Montiel” en el que evalúa los recursos hídricos subterráneos y aporta una nueva visión sobre la geología del acuífero, fundamentalmente en lo que se refiere a las deformaciones tectónicas que le afectan.

En 1991, el mismo organismo analiza los aprovechamientos en el acuífero del Campo de Montiel comparándolos con los del acuífero de la Llanura Manchega. Concluye que los riegos mediante bombeos en el primer acuífero suponen un beneficio primario para los empresarios que los llevan a cabo, pero los intereses conjuntos de ambos acuíferos resultan muy perjudicados, y el balance neto de la producción es negativo pues existen unas obras de transformación con inversión pública que quedan infrautilizadas por falta de agua en el embalse. Además, el producto bruto en el Campo de Montiel es menor y más caro ya que el coste del agua es muy superior. Por último, considera que, pese a que el acuífero no presenta extracciones por bombeos superiores a la recarga anual media, existe un condicionante ecológico y una disminución de la rentabilidad económica de la explotación agrícola comarcal que aconseja que se declare sobreexplotado.

El SERVICIO GEOLÓGICO realiza tres informes sobre el Campo de Montiel en 1991(a, b y c). En el primero (1991a) se analizan las aporta-

ciones de agua a las Lagunas de Ruidera y al embalse de Peñarroya, resaltando su acusada irregularidad, con persistentes períodos secos y con años de aportaciones muy superiores a la media. Tanto en años húmedos como en años medios el sistema se recupera normalmente, elevándose los niveles de las lagunas e incrementándose el flujo circulante entre ellas y las aportaciones a Peñarroya. Por otra parte, la irregularidad de las aportaciones implica que, en los años en que éstas son bajas, las extracciones en la parte alta por medio de pozos dan lugar a que se acentúen los efectos del descenso de los niveles de agua en las lagunas y la reducción de las aportaciones al embalse de Peñarroya. En los informes segundo y tercero (1991b y c) se actualiza la información sobre la situación hidrológica del acuífero (1991b) y se presentan la evolución de las extracciones y de los niveles piezométricos en el mismo (1991c).

LLAMAS (1991b) presenta un informe realizado para la Asociación de Titulares de Aguas Subterráneas del Campo de Montiel en el que hace diversas observaciones sobre la declaración de sobreexplotación del acuífero, afirmando que es uno de los acuíferos menos explotados de España, con unos recursos renovables medios que son cuatro veces superiores a los bombeos.

Asimismo, FUSTER en 1991 critica la declaración de sobreexplotación del Campo de Montiel, alegando que es uno de los acuíferos con mayores excedentes. Propone aumentar la capacidad del pantano de Peñarroya a 60 hm³, hacer sondeos cerca del embalse con objeto de utilizarlos en años secos para los abastecimientos de Tomelloso y Argamasilla de Alba (que habitualmente utilizan agua de Peñarroya) y aportar caudales de 200 a 300 l/s durante 2-3 meses (1-2 hm³/año) desde los sondeos a las Lagunas de Ruidera durante el otoño.

MARTÍNEZ ALFARO, MONTERO Y LÓPEZ-CAMACHO (1991 y 1992) presentan un modelo digital que integra el flujo superficial y el subterráneo de la cuenca. La simulación en régimen natural llega a la conclusión de que la recarga del acuífero se produce casi exclusivamente entre enero y marzo, las máximas aportaciones se dan entre enero y abril y las mínimas entre septiembre y diciembre, no existiendo ningún mes de los 444 simulados con caudal medio inferior a 1 m³/s y no siendo nunca la aportación anual inferior a 40 hm³. Una segunda simulación tuvo en cuenta las extracciones de agua subterránea en 1987 e indica que la mayor disminución de las aportaciones al embalse se produce entre mayo y septiembre (un 24% respecto a las no influenciadas por los bombeos), la aportación media anual al embalse disminuye en torno al 22% y en un 39% de los 444 meses simulados el caudal medio de entrada a Peñarroya es inferior a 1 m³/s, no alcanzando la aportación anual, en el 36% de los años, los 40 hm³, cifra en que se estiman las demandas a satisfacer por el embalse actualmente.

El SERVICIO GEOLÓGICO (1992) analiza la disponibilidad de recursos del acuífero mediante un modelo matemático de simulación de flujo subterráneo, del que se deduce que la explotación de más de 30 hm³/año no es mantenible ni a medio ni a largo plazo, pudiéndose extraer tal cantidad de agua sólo durante unos pocos años iniciales y algunos húmedos intermedios. Esto se debe a que el acuífero no posee espesor saturado suficiente (40-50 metros de media). La concentración de extracciones origina, según el modelo, un vaciado del acuífero en los meses de verano que obliga a reducir los caudales de bombeo. Además, llega a la conclusión de que la contaminación del agua subterránea inadecúa la misma para uso potable, lo que supone un problema para los doce municipios que se abastecen de ella ya que no hay recursos alternativos.

En 1993, DE LA HERA presenta una Tesis de Licenciatura en la que cuantifica la conexión hidrogeológica entre los acuíferos del Campo de Montiel y la Llanura Manchega. Estima en 50 hm³/año el flujo subterráneo hacia la Llanura Manchega, que es del mismo orden de magnitud que la obtenida por otros estudios anteriores. Por otra parte, considera que el flujo subterráneo que pasa al acuífero manchego podría captarse en el borde del sistema a profundidades entre 200 y 400 metros.

En 1994, MONTERO presenta su Tesis Doctoral sobre el “Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera” en la que se establecen las condiciones de contorno del acuífero, definiéndose los límites y la geometría del mismo. Asimismo, se describen detalladamente los materiales que forman el sustrato de las lagunas y se estudia la conexión hidráulica entre el acuífero y las lagunas y de las lagunas entre sí. También se analiza la evolución piezométrica en el acuífero en relación a las series de precipitación y su efecto sobre las lagunas y se propone un nuevo modelo de flujo para el sistema lagunar.

En 1994, el CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS realiza un informe preliminar sobre un estudio isotópico a partir de tritio termónuclear del agua en el Campo de Montiel. Determinan que el tiempo de renovación del agua en el acuífero es de unos 38,5 años, siendo este valor provisional pues han de refinarse los datos hidrogeológicos de entrada al modelo.

Parte de las conclusiones alcanzadas en MONTERO (1994) se presentan en MONTERO y MARTÍNEZ (1995): el funcionamiento del sistema depende de factores como la topografía, la posición del fondo impermeable del acuífero y de los parámetros hidrogeológicos de las rocas de su entorno; se define el flujo subterráneo de agua entre las lagunas en base a estudios detallados de los materiales, del nivel de agua en las lagunas y en son-

deos próximos, de los gradientes hidráulicos, la transmisividad de las rocas y las condiciones pluviométricas de la zona; también se llega a la conclusión de que los bombeos de aguas subterráneas en la cabecera del sistema no secan las lagunas pero hacen disminuir las aportaciones de agua a las situadas en cabecera, lo que crea una distorsión del flujo entre las sucesivas lagunas y produce una desconexión hidráulica entre las mismas, secándose muchas de ellas.

La CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA realiza sucesivos informes anuales (1993, 1994, 1995 y 1996) sobre la evolución hidrogeológica e hidrogeoquímica del acuífero del Campo de Montiel en base a los resultados de las campañas de control periódico en las redes de piezometría y calidad previamente definidas.

En 1996, RINCÓN, MONTERO y VEGAS enmarcan y explican los condicionantes estructurales de la Unidad Hidrogeológica del Campo de Montiel en el contexto de la deformación de este área de plataforma.

Como colofón a una serie de estudios comenzados en 1994, el CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS realiza un informe final en 1995 y uno complementario en 1997 en los que, mediante estudios isotópicos (isótopos estables, tritio, oxígeno-18) y químicos, determina el funcionamiento hidrogeológico del sistema lagunar.

4. METODOLOGÍA

El estudio se ha realizado en distintas fases que detallamos a continuación:

A) RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DE DATOS EXISTENTES

La primera labor realizada fue la consulta y síntesis de la bibliografía existente sobre la zona, que se ha ido completando a lo largo del desarrollo del estudio.

En segundo lugar, se procedió a la recopilación de datos climatológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos, de calidad del agua, explotación del acuífero e inventarios de puntos de agua anteriores. Para ello se visitaron diversas entidades, tanto estatales como privadas: Instituto Meteorológico Nacional; Confederaciones Hidrográficas del Guadiana y del Guadalquivir; Servicio Geológico de Obras Públicas; Instituto Tecnológico y GeoMinero de España; Jefatura de Minas de Ciudad Real; División de Aguas de la Consejería de Política Territorial de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Patronato de las Lagunas de Ruidera y Departamento de Ecología de la Diputación de Ciudad Real; Ayuntamientos y Cámaras Agrarias Locales y Provinciales de Ciudad Real y Albacete; empresas constructoras de pozos y explotación agrícola como Ajarafe, S.A., Navalcaballo, E.D.E.S., S.A. y Agropecuaria Andaluza, S.A.; y Asociación de Regantes de Montiel.

B) TRABAJO DE CAMPO

Desde 1987 se viene realizando un exhaustivo trabajo de campo con objeto de mejorar el conocimiento geológico e hidrogeológico del Campo de Montiel.

Reconocimiento geológico

En una primera etapa se identificaron en el campo las formaciones cartografiadas en los mapas geológicos de la zona, principalmente los mapas a escala 1:50.000 de la primera serie y del MAGNA. Posteriormente se dispuso del mapa a escala 1:100.000 realizado por el I.T.G.E. en 1990(b) que aporta una visión diferente en cuanto a las edades y a las deformaciones tectónicas que afectan a los materiales de la zona.

También cartografiamos los afloramientos triásicos en los alrededores de las Lagunas de Ruidera con el fin de analizar su sustrato y conocer su funcionamiento hidrogeológico.

Se testificaron todos los sondeos perforados por el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas a lo largo del valle del Guadiana Alto, en el Parque Natural y en el embalse de Peñarroya.

Por último, se recopilamos numerosas columnas litológicas, bien en posesión de propietarios de pozos y en especial de Don José García Ballester, bien pertenecientes a organismos como el I.T.G.E. o el Servicio Geológico, el cual realizó entre 1989 y 1990 una serie de piezómetros a rotopercusión que nos han sido de utilidad para conocer la profundidad del fondo del acuífero.

Con esta información se elaboró un mapa de profundidad del techo del Triásico y un mapa geológico, que se ha modificado utilizando como base el mencionado del I.T.G.E. (1990b).

Se llevó a cabo una pequeña campaña de geofísica, durante la que se realizaron siete sondeos eléctricos verticales en puntos cuyo sustrato geológico se desconocía y que tenían interés para la interpretación hidrogeológica del sistema. Tres de los sondeos se efectuaron en un perfil geofísico mientras que los otros cuatro se hicieron en puntos aislados.

Reconocimiento hidrogeológico

En el verano de 1987 llevamos a cabo una campaña en la que se inventariaron más de 500 puntos de agua de los que 150 fueron pozos perforados,

230 pozos excavados, 9 sondeos de reconocimiento y 111 manantiales (S.G.O.P., 1988b).

Durante la realización de dicho inventario, además de la localización del punto en el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (y 1:25.000 cuando existía la hoja correspondiente), se midieron el nivel estático, el caudal de bombeo, el nivel dinámico, los tiempos de extracción y los caudales específicos. También se obtuvieron datos técnicos de la construcción de los pozos como el diámetro, el tipo de entubación, las galerías, los aforos y las columnas litológicas, siempre que esto fue posible.

Tras esta primera campaña se seleccionaron una serie de puntos de control en pozos, manantiales y corrientes superficiales para estudiar la evolución piezométrica del acuífero. Posteriormente, se fueron incorporando a esta red los piezómetros que realizó el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas: 16 en el Campo de Montiel y 19 en el valle del Guadiana. Durante los años 1988 y 1989 se tomaron dos medidas anuales, controlándose cada tres meses a partir de 1990.

Se establecieron dos áreas de estudio: la primera en el centro-norte del acuífero, siendo sus drenajes principales el río Guadiana Alto con las Lagunas de Ruidera y el río Córcoles, y la segunda en el sur del acuífero, drenado por los ríos Azuer y Jabalón y por un conjunto de manantiales vertientes a la cuenca del Guadalquivir.

Además del control de niveles y caudales en el acuífero, se realizó un detallado seguimiento de la evolución de las Lagunas de Ruidera, midiéndose el nivel de agua en los piezómetros ubicados sobre las barras travertínicas y en las lagunas San Pedro, Redondilla y Lengua. También se controló, de manera cualitativa, el estado del resto de las lagunas.

C) DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO Y LAS LAGUNAS DE RUIDERA

Con los datos de nivel estático medido en los pozos y de las cotas de los manantiales, tomados durante la campaña de 1987, se elaboró un plano de isopiezas del acuífero en el que se reflejaron las zonas de recarga y descarga, el sentido del flujo en toda la extensión del acuífero y los flujos a nivel local creados por los conos de bombeo.

Los datos de evolución piezométrica en los pozos, piezómetros, manantiales y lagunas que se controlan desde 1987, junto a los de la red piezométrica del I.T.G.E. y a los niveles medidos en las Lagunas de Ruidera por la Guardería del Parque Natural, nos sirvieron para analizar la evolución del

acuífero y las lagunas en relación a la pluviosidad habida en este período de tiempo.

A partir de la información geológica de superficie, de las columnas litológicas y de los sondeos eléctricos verticales se realizaron 16 cortes geológicos e hidrogeológicos del acuífero y de las Lagunas Ruidera, que han permitido mejorar el conocimiento de la geometría del acuífero y establecer un modelo de flujo subterráneo.

Para la ejecución de dichos perfiles se ha contado, además, con los datos de cinco perfiles geoeléctricos realizados por el I.T.G.E. en 1990(b) y que nos han servido para completar la información en zonas del acuífero donde no disponíamos de columnas litológicas.

Por otra parte, durante la realización del inventario de puntos de agua, se obtuvieron 43 datos de caudal específico a partir de los cuales se calcularon las transmisividades correspondientes. Con estos datos, junto a otros calculados en estudios previos, se determinó la distribución de este parámetro en el acuífero.

En el presente trabajo se analiza, además, la evolución de niveles y caudales tras las elevadas precipitaciones habidas en los años hidrológicos 1995-96 y 1996-97.

Para finalizar, añadir que, como parte de este estudio se ha llevado a cabo un análisis de los datos pluviométricos y foronómicos y se han efectuado varias campañas de muestreo de aguas para su posterior interpretación hidroquímica, si bien no se incluyen en este trabajo que tiene un carácter fundamentalmente geológico.

5. GEOLOGÍA

5.1. MARCO GEOLÓGICO

El Campo de Montiel se encuentra en el borde meridional de la Meseta Castellana, entre los materiales terciarios y cuaternarios de la Llanura Manchega (al norte) y el macizo montañoso de materiales jurásicos intensamente plegados de la Sierra de Alcaraz (al sur); al suroeste afloran las últimas estribaciones nororientales de Sierra Morena, conjunto de alineaciones paleozoicas con direcciones hercínicas (fig. 5.1).

La región se caracteriza por su monotonía y uniformidad geológica y consiste en un páramo calcáreo de edad jurásica con disposición subhorizontal e inclinado suavemente hacia el norte.

La geología de la zona está integrada por un zócalo hercínico metamórfico sobre el que se depositan discordantes un conjunto de sedimentos mesozoicos (triásicos y jurásicos) de poca potencia.

Históricamente se ha considerado como una región atectónica sin apenas deformación, que formaba parte de lo que se ha venido denominando la “Plataforma estable de Albacete”. Sin embargo, los últimos estudios (I.T.G.E., 1990b) demuestran la existencia de numerosos pliegues y fallas que no han sido cartografiados con anterioridad por encontrarse fosilizados por recubrimientos de materiales terciarios y cuaternarios que, en muchos casos, presentan características litológicas semejantes a las de los materiales jurásicos infrayacentes, con los cuales se han confundido.

La monotonía geológica de la región y la presencia de series estratigráficas azoicas, de escasa potencia y con abundantes procesos de recristalización y dolomitización secundaria, han dificultado la datación de estos materiales, la cual se ha establecido a partir de la analogía con otras regiones cercanas y de edad conocida.

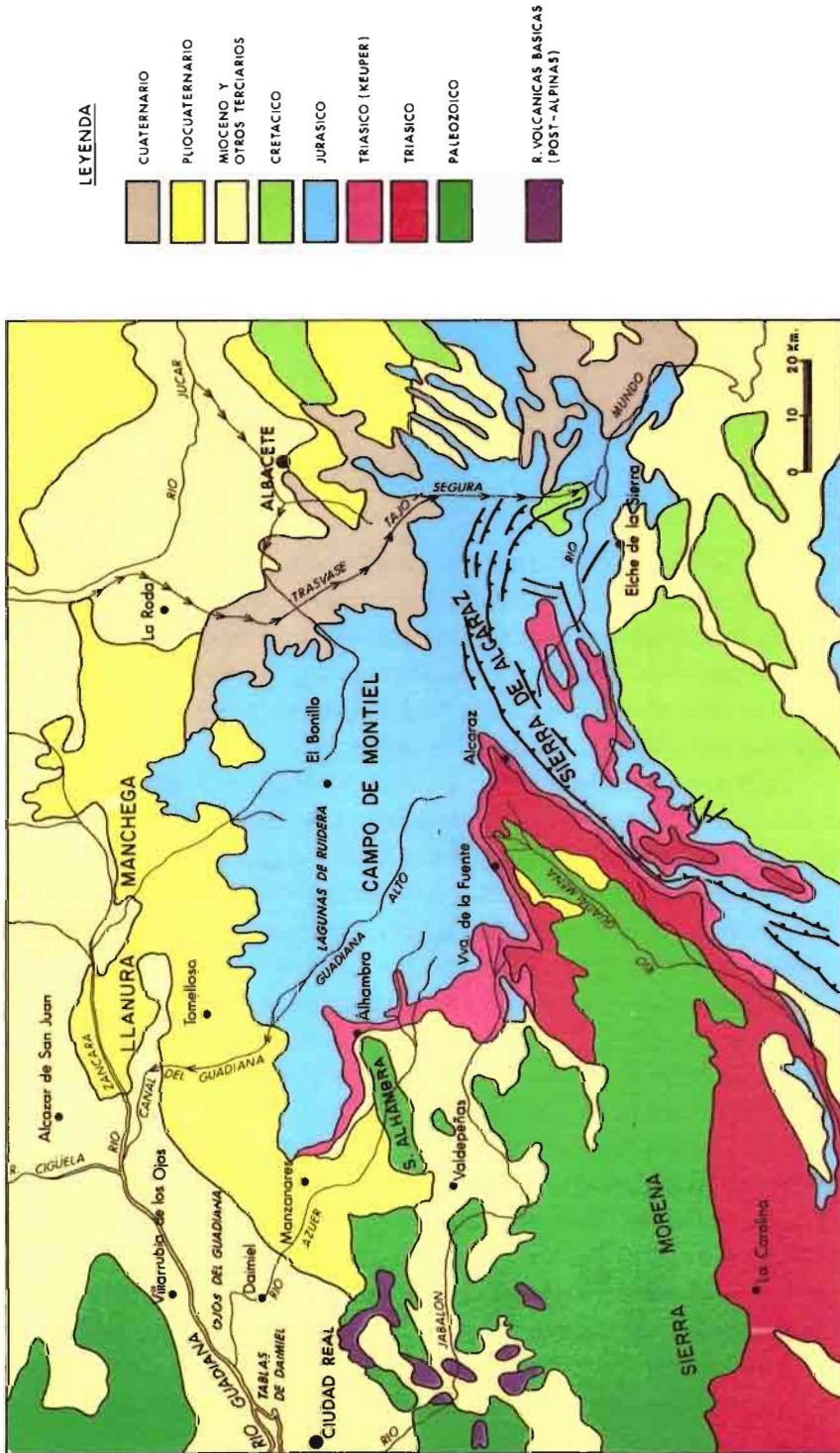


Fig. 5.1. Marco geológico.

La red fluvial, poco desarrollada, secciona el páramo, encajándose en las calizas jurásicas siguiendo preferentemente direcciones SE-NO. El encajamiento progresivo de la red ha dado lugar a formas similares a cañones cársticos en los principales ejes de drenaje. La mayoría de los valles del Campo de Montiel son torrentes que llevan agua sólo como consecuencia de precipitaciones de gran intensidad, fundamentalmente durante las tormentas estivales. Son escasos los ríos (alimentados por aguas subterráneas) que atraviesan el páramo, siendo los principales el Guadiana Alto o Pinilla, Azuer, Cañamares, Jabalón, Córcoles, Sotuélamos y Alhambra.

Uno de los objetivos prioritarios que nos planteamos en la Tesis Doctoral (MONTERO, 1994) fue la definición de los límites del acuífero del Campo de Montiel. Para ello, además de la consulta bibliográfica y de las hojas geológicas existentes, llevamos a cabo una recopilación de columnas litológicas de todo el acuífero y testificamos todos los sondeos que el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas perforó desde 1990 en el valle del Guadiana Alto. Con esta información y las observaciones de campo elaboramos un mapa de síntesis geológica a escala 1:200.000, modificando ciertos aspectos de la cartografía llevada a cabo por el I.T.G.E. en 1990 (b) (fig. 5.2); dibujamos un mapa de profundidad del techo del Triásico bajo los materiales jurásicos, terciarios y/o cuaternarios (fig. 5.6); y realizamos dieciséis cortes geológicos del acuífero: dos longitudinales al valle del Guadiana (uno de los cuales abarca en detalle el conjunto de las Lagunas de Ruidera), varios transversales al valle y otros en diversas direcciones, cubriendo entre todos la mayor parte del acuífero y la zona de contacto con la Llanura Manchega y aprovechando al máximo los datos de los sondeos de los que se disponía. Junto a ellos, presentamos un corte geológico detallado realizado por la Jefatura de Sondeos de Obras Públicas (J.S.O.P.) en 1930 con los datos de los sondeos que se perforaron durante el estudio previo de la Cerrada de Peñarroya para la posterior construcción de la presa (D.G.O.P., 1927, 1931a y 1931b).

El análisis geológico que presentamos en el capítulo sobre Geometría del Acuífero se ha enfocado, por un lado, hacia la definición de los límites generales del mismo y, por otro, al conocimiento de la geometría del sustrato de las Lagunas de Ruidera.

A continuación se expone la síntesis de las características geológicas del Campo de Montiel.

5.1.1. ESTRATIGRAFÍA

Paleozoico

Constituye el basamento sobre el que se depositan los materiales mesozoicos del Campo de Montiel. Los escasos afloramientos están formados por cuarcitas y pizarras ordovícicas, tratándose de los últimos asomos de las estricciones nororientales de Sierra Morena.

En los alrededores del área de estudio, el Paleozoico aflora en las cercanías del arroyo de San Pedro (junto a la Ermita del mismo nombre), cerca de las lagunas; en Viveros; al sur, hacia la Sierra de Alcaraz; y al oeste, en la Sierra de Alhambra.

El afloramiento de la Ermita de San Pedro, el más importante del Campo de Montiel, consiste en un resalte de cuarcitas con unas dimensiones de 100 por 150 metros. Hacia el norte se ocultan bajo las dolomías del Lías inferior, mientras hacia el este se ponen en contacto con las arcillas del Keuper. Las cuarcitas tienen una dirección NO-SE (N 150° E), buzando 40° al SO y siendo la potencia de los bancos del orden de un metro (I.G.M.E., 1976).

Localmente hay intercalaciones de varios centímetros de pizarras y algún dique de roca porfídica. En la parte superior del cerro y en parte de los flancos aparece una fina capa laterítica cubriendo las cuarcitas y una brecha de cantos cuarcíticos angulosos y cemento ferruginoso. Esta última debe corresponder a una cementación de derrubios de ladera durante la transgresión mesozoica (I.G.M.E., 1976).

Sobre algunos bancos son visibles escasas pistas de organismos, que tal vez corresponden a Crucianas por correlación con afloramientos semejantes de regiones próximas (al norte de Alcaraz o en la Sierra de Alhambra). Esto indicaría que el afloramiento cuarcítico pertenece al Ordovícico, idea que es corroborada por la potencia de las capas visibles, de unos 60 a 80 metros, que solo tiene el Ordovícico en el Paleozoico de Sierra Morena y La Mancha.

Al NO de Viveros existe también un pequeño afloramiento de cuarcitas blancas datadas también como ordovícicas.

Triásico

Discordante sobre el Paleozoico se superpone el Triásico, que aflora en grandes extensiones al Sur y Oeste del Campo de Montiel. En el interior del páramo existen algunos afloramientos que, aunque de pequeña extensión, tienen gran importancia desde el punto de vista hidrogeológico.



LEYENDA

CUATERNARIO	8
PLIOCUATERNARIO	7
TERCIARIO SUPERIOR	5 - 6
CRETACICO-PALEOGENO	4
JURASICO LIAS	3
TRIASICO	2
PALEOZOICO	1

- 8.- COSTAS CALCAREAS Y ALUVIALES.
- 7.- CONGLOMERADOS DE CANTOS DE CUARCITA.
- 6.- CALIZAS Y MARGAS.
- 5.- BRECHAS CALCAREAS Y LIMOS ROJOS.
- 4.- MARGAS Y DOLOMITAS BRECHOIDES.
- 3.- 
- 2.- ARCILLAS, YESOS Y ARENAS.
- 1.- CUARCITAS Y PIZARRAS.

- CONTACTO NORMAL.
- - - - - CONTACTO DISCORDANTE.
- CONTACTO MECANIZADO.
- ===== FALLA.
- ▲▲▲ FALLA INVERSA.
- ▲▲▲ FALLA SUPUESTA.
- ↗↖ ANTICLINAL.
- ↘↙ SINCLINAL.
- + BUZAMIENTO HORIZONTAL.
- ⌋ BUZAMIENTO VOLCADO.
- ⌋ SENTIDO Y CANTIDAD DE BUZAMIENTO
- ⌋ DOLOMITAS

- 3.1 CALIZAS OOLITICAS CON CRINOIDES Y CALCARENTAS.
- 3.2  ARCILLAS MARGOSAS CON INTERCALACIONES. DOLOMITICAS.
- 3.3 CALIZAS Y DOLOMITAS (CARNIOLAS).



Fig. 5.2. Mapa geológico.

El conjunto del Triásico supera en algunos puntos los 150 metros de potencia, tratándose de una facies germánica de borde de cuenca, y se dispone en discordancia angular sobre los materiales paleozoicos.

En I.G.M.E. (1977b) se distinguen tres formaciones dentro del Triásico con importantes cambios laterales de facies y variaciones de potencia:

- a) *Tramo inferior o basal*: posee una potencia de 60 a 70 metros que llega a ser nula alrededor de los paleorrelieves paleozoicos. Está constituido por una brecha basal con cantos de cuarcitas sobre la que aparece una alternancia de areniscas y arcillas con delgadas intercalaciones de dolomías tableadas amarillentas de escasa continuidad lateral. En general, los niveles arenosos aparecen hacia la parte alta de la formación, mientras los arcillosos son más importantes hacia la base de la misma.
- b) *Tramo medio*: tiene un espesor de unos 30 a 40 metros. Está formado por varios bancos de areniscas con numerosas intercalaciones de lutitas. A techo o a muro, o en ambos, presentan un estrecho nivel (20 centímetros) de dolomías bien estratificadas con aspecto de costra calcárea.
- c) *Tramo superior*: la serie triásica culmina con margas y arcillas yesíferas rojas y verdes de facies Keuper. En la base aparecen algunas intercalaciones de areniscas calcáreas y los yesos aumentan hacia el techo, presentándose tanto diseminados como en capas y masas irregulares. También pueden contener capas de carbonatos de potencias variables. Su potencia varía entre 40 y 50 metros o incluso menos, ya que en numerosas ocasiones el contacto con la serie triásica está mecanizado. En general, el espesor del Triásico superior disminuye hacia el Oeste.
Este tramo superior constituye el substrato impermeable sobre el que descansan los materiales carbonatados del Jurásico que forman el acuífero del Campo de Montiel.

Dentro de la superficie del acuífero existen algunos afloramientos de Triásico superior en facies Keuper cuyo origen se ha relacionado con fenómenos diapíricos debidos a la plasticidad de estos materiales, sin embargo, las cartografías recientes los asocian a ascensos favorecidos por la intensa fracturación que afecta al acuífero.

Generalmente, dichos afloramientos ponen de manifiesto manantiales asociados al contraste de permeabilidades entre estos materiales y los calcáreos suprayacentes. Este sería el caso de los retazos existentes al norte de Viveros, o junto a las aldeas de Santa María y Cañamares, donde se encuentra el manantial de Fuensomera, abastecimiento del pueblo de Villahermosa.

También aflora en los alrededores de Pinilla dando origen a las salinas del mismo nombre, donde se explota el agua salada de un pozo situado sobre las arcillas y yesos triásicos.

Por último, existen numerosos afloramientos de “Keuper” a lo largo de la carretera que bordea las Lagunas de Ruidera que, como se justifica más adelante, condicionan su funcionamiento.

Jurásico

Sobre la facies Keuper yace una serie calcodolomítica y margosa que presenta una estructura tabular subhorizontal y conforma el páramo del Campo de Montiel.

Se ha atribuido al Jurásico inferior (Lías) por posición, facies y correlación con áreas vecinas ya que no se han encontrado criterios paleontológicos. Presenta dificultades para su estudio por la existencia de procesos de dolomitización y brechificación y porque las series no están completas por falta de sedimentación y/o erosión. Tanto el Jurásico como el Cretácico muestran importantes cambios laterales de facies que dificultan el establecimiento de series tipo (I.G.M.E., 1986b).

En las hojas nº 763, 788 y 814 del MAGNA se establece una diferenciación en tres formaciones litoestratigráficas. Tal como indican los autores de la hoja 814 del MAGNA, estas formaciones no tienen implicaciones cronológicas exactas y a menudo es difícil atribuir un determinado afloramiento a una de ellas puesto que no son facies claramente diferenciadas.

En líneas generales, la formación inferior es calcodolomítica y constituye el principal acuífero de la zona, la intermedia es arcillo-margosa y la superior está formada por calizas oolíticas. Las dos formaciones superiores solo afloran al este de la zona.

- a) *Lías inferior*: se apoya directamente sobre el Keuper y tiene un espesor que oscila entre los 60 y los 100 metros.

A muro de la formación se sitúan unas calizas, a veces dolomíticas, de color rojo y muy arcillosas. Tienen numerosos huecos con recristalizaciones de calcita y son de aspecto masivo y cavernoso constituyendo, a veces, brechas de disolución.

Son las “carniolas”, muy fisuradas y carstificadas y con una estratificación difusa. Hacia el este va desapareciendo la fisuración y la estratificación es más clara.

En algunos puntos en que la recrystalización y/o dolomitización ha sido poco intensa se conservan restos de oolitos y gasterópodos.

A veces existen intercalaciones margo-arcillosas entre las carniolas.

Esta facies hasta aquí descrita pasa tanto lateral como verticalmente a una facies dolomítica, de color gris blanquecino, tableada, bien estratificada y de textura fina a muy fina y algo arcillosa. Tiene un origen secundario, procediendo de calizas esparíticas con capas de calizas oolíticas y calcarenitas y en la que a veces se reconocen estratificaciones cruzadas.

Hacia el norte, la recrystalización y dolomitización es más suave o incluso inexistente por lo que puede identificarse una serie de unos 10 a 15 metros de calizas grises, bien estratificadas, con crinoides, braquiópodos y equínidos. En algunos puntos sirve como capa guía del tramo inferior.

El techo del Lías inferior consta de unos metros de calizas y dolomías recrystalizadas, brechoides y margosas con colores que varían del amarillo al rojo.

- b) *Lías medio*: se trata de un conjunto margo-arcilloso cuya potencia es variable y difícil de determinar, estimándose como media unos 50 metros (al sur de 20 a 40 y al norte de 40 a 60).

Está formado principalmente por margas y arcillas verdes y rojas, con intercalaciones de brechas calcáreas con intensa recrystalización. También hay intercalaciones de dolomías y dolomías calcáreas, arcillosas y de textura fina.

Los niveles carbonatados presentan abundantes vacuolas redondeadas que suelen estar rellenas de limonita y le dan un aspecto característico.

A techo de la formación existe un nivel lumaquéllico constante con lamelibranquios y algunos gasterópodos, ostrácodos y equinodermos muy dolomitizados e imposibles de datar con exactitud.

- c) *Lías superior*: es un conjunto calcáreo con algunas secuencias intercaladas de calizas margosas. La característica más marcada de esta formación es la presencia de abundantes niveles oolíticos.

Si bien tiene un gran desarrollo superficial, está mal representada puesto que ha sido intensamente erosionada, quedando tan sólo los tramos basales de la serie. Su potencia oscila entre 20 y 40 metros.

El muro de la formación lo constituye una caliza fenocristalina rojiza y beige, con laminaciones y oquedades cristalinas, presentando una gran continuidad lateral, con un espesor de unos 3 metros.

Por encima, continúan calizas, a veces brechoides, calizas dolomíticas y dolomías de grano medio. Localmente y hasta el techo de la serie existen bancos de calizas oolíticas, calcarenitas y grietas de desecación que permiten imaginar el carácter de la formación antes de la recristalización y dolomitización.

Se ha encontrado fauna de lamelibranquios, espículas de esponjas, ostrácodos, coralaris, braquiópodos y foraminíferos que, sin embargo, no han servido para asignarle una edad concreta a la formación, aunque podría pensarse en un Lías superior o quizá en un Dogger.

Cretácico

En las cartografías hasta ahora publicadas se ha considerado la inexistencia de materiales cretácicos en el Campo de Montiel, bien por no haber llegado a depositarse, bien por haberse erosionado. Tan sólo se citan algunos afloramientos en las cercanías del embalse de Peñarroya y al NE de Manzanares, en las Lomas del Pelón (I.G.M.E., 1986b).

En los sondeos perforados en el límite con la Llanura Manchega aparecen materiales que pueden considerarse como cretácicos, si bien presentan escaso espesor.

Los tramos cretácicos que pueden encontrarse son:

1. Albiense, representado por “facies de Utrillas”, con arenas y niveles arcillosos que alcanzan poco espesor. No aflora pero se ha encontrado en varios sondeos.
2. Cenomaniense, que aflora al noreste de Manzanares en las Lomas del Pelón y consta de calizas oquerosas con margas.
3. Senoniense, que se ha descrito también en Lomas del Pelón y está formado por margas calcáreas con nódulos de sílex.

La cartografía realizada por el I.T.G.E. (1990b) atribuye al Cretácico, por primera vez, los depósitos de litología margosa que en las cartografías anteriores se han asociado al tramo intermedio del Lías también de composición margosa. Esta unidad se extiende a lo largo de una franja de dirección NO-SE limitada al Oeste por una línea que pasaría por El Bonillo-El Ballestero y al Este por la alineación que pasa por Munera-Lezuza. Los autores consideran que el carácter novedoso de dicha distinción les obliga a ser cautos en la interpretación sobre su origen. La interpretación de los materiales jurásicos realizada en el presente estudio se ha basado en la de las antiguas cartografías, sin embargo, no descartamos que en el futuro la datación de los materiales del sector oriental del Campo de Montiel pueda ser modificada.

Dentro del conjunto descrito en I.T.G.E. (1990b) se distinguen cuatro tipos diferentes de facies:

- a) *Brechas y megabrechas*: brechas de aspecto conglomerático muy cementadas, cuyo tamaño de canto puede alcanzar varios metros cúbicos. Se compone de cantos de diversos tramos del Jurásico y su disposición es masiva y con aspecto interno caótico.

Afloran en Munera (en el desvío a las carreteras de El Bonillo y Sotuélamos), en Tiriez (salida hacia Balazote) y en la margen izquierda del río Córcoles.

Las facies de megabrechas, distribuidas en las mismas zonas que las brechas, se componen de una matriz de margas y cantos de diversos tamaños entre la que se disponen, con cierta regularidad, bloques y megabloques (olistolitos), que aparentemente se encuentran flotando en la masa. En cartografías anteriores se interpretan como testigos del tramo superior del Lías sobre las margas del tramo intermedio, mientras en I.T.G.E. (1990b) se interpreta como bloques caídos del margen de la cuenca durante la sedimentación de las margas, si bien también pueden relacionarse con depósitos continentales postjurásicos (Cretácico inferior o Terciario).

- b) *Margas, microbrechas y dolomías slumpizadas*: hacia el oeste la formación se hace preferentemente margosa, de tonos grises amarillentos y verdosos, con bancos de medio metro de potencia de dolomías laminares brechificadas y slumpizadas. El aspecto del conjunto es caótico. En algunos puntos se han encontrado niveles lumaquéllicos intercalados. El contenido faunístico, aunque no precise la edad, permite considerar el depósito como lacustre.

- c) *Dolomías carniolares*: afloran en la zona de Lezuza sobre los materiales descritos anteriormente. Se trata de dolomías carniolares rojizas muy recrystalizadas. La potencia de este tramo no sobrepasa los 10 o 15 metros.
- d) *Depósitos de cantos de cuarcitas y arenas*: están asociados a las dolomías carniolares. Son gravas cuarcíticas muy redondeadas, con matriz limo-arenosa rojiza y en ocasiones con arenas caoliníferas. Su aspecto es de “facies de Utrillas” removilizadas.

La falta de fauna característica impide asignarles una edad de sedimentación, sin embargo, por comparación con otros depósitos similares en regiones próximas podrían haberse formado en dos períodos:

- Cretácico inferior: los niveles brechoides se formarían como consecuencia de movimientos en la vertical durante una fase distensiva. El ciclo se cerraría con la colmatación de la cuenca representada por los niveles carbonatados (dolomías carniolares). Posteriormente se situarían discordantemente los depósitos de cantos de cuarcita y arenas.
- Paleoceno-Oligoceno: los materiales formados podrían estar reelaborados de sedimentos anteriores.

Terciario

Para el I.T.G.E. (1990b), durante la Orogenia Alpina se formaron un conjunto de cuencas aisladas que se rellenaron en el Terciario superior por materiales de ambiente continental, fluvial y lacustre. Los depósitos detríticos se sitúan fundamentalmente en la zona sur de la Llanura Manchega fosilizando a los materiales mesozoicos.

Posteriormente, tras la fase erosiva postmiocena, los materiales procedentes de la denudación colmataron amplias zonas y rellenaron las suaves depresiones, durante el Plioceno y el Pliocuaternario.

Las facies más características en la zona son:

- a) *Facies de brechas y limos rojos*: están constituidas por brechas masivas formadas por cantos de diferentes niveles del Lías, poco elaborados y transportados con una matriz arcillosa rojiza y en ocasiones muy cementados. Los niveles brechoides alternan con limos arenosos rojizos y puntualmente con niveles conglomeráticos.

Estos materiales no son fácilmente reconocibles en superficie sin un corte fresco del terreno ya que presentan la misma composición y aspecto que las brechas del Lías inferior, por lo que muchos de sus afloramientos no han sido cartografiados en los mapas geológicos publicados hasta la fecha. Nosotros los hemos reconocido en varios de los sondeos situados en el valle del Guadiana, en concreto en los ubicados en Peñarroya y en varios de los perforados en las laderas de las lagunas. Los afloramientos son fácilmente observables en los taludes de las carreteras de Tomelloso a Ruidera y de Ruidera a Ossa de Montiel.

Las estructuras que afectan a los materiales mesozoicos son fosilizadas y ocultas en muchas ocasiones por estas facies terciarias.

- b) *Facies de conglomerados*: se trata de bancos de 0.5 a 1.5 metros de potencia de conglomerados poligénicos (con cantos redondeados de cuarzo, cuarcita y caliza) que alternan con niveles de arcillas rojizas. Se encuentran principalmente al sur de Villarrobledo y Sotuélamos, en parte fosilizados por los depósitos pliocuaternarios. En la hoja nº 763 del MAGNA se representan pequeños afloramientos que asignan al Mioceno y se apoyan sobre el Jurásico mediante una discordancia angular formando un paleorrelieve suave. Tienen una potencia máxima de 6 a 8 metros y están constituidos por materiales detríticos. Se trata de un conglomerado de cantos de caliza con intercalaciones arcillosas. El tamaño de los cantos disminuye hacia techo y están bien redondeados, con una pequeña proporción de cantos angulosos de cuarzo.
- c) *Facies carbonatadas*: alternancia de capas de calizas y margas lacustres de colores blanquecinos y grisáceos, con restos de gasterópodos, moluscos y estructuras algáceas. Pueden contener una fracción detrítica de arenas muy finas, limos y arcillas. Afloran fundamentalmente en la zona sur de Tomelloso, al norte de Manzanares y al norte de Villanueva de los Infantes.

Los sondeos analizados de la zona de contacto entre el Campo de Montiel y la Llanura Manchega, muestran tres grandes tipos de sedimentos terciarios:

- En la base aparece un conjunto detrítico formado por conglomerados calizos y cuarcíticos, areniscas, calizas con arcillas y margas. Estos materiales se disponen tapizando los paleorrelieves mesozoicos, en discordancia erosiva sobre ellos. En la interpretación realizada por nosotros hemos considerado estos materiales como Terciario inferior (TI).
- Por encima, suele aparecer una serie en la que predominan los términos evaporíticos (yesos y anhidritas), con arcillas y algunos niveles detríticos formados por arenas y cantos. Sus espesores son muy variables, pudiendo sobrepasar los 175 metros (sondeos 1 y 63). Hemos atribuido el conjunto al Terciario medio (TM).
- A techo se detecta, en la mayoría de las columnas, un término carbonatado constituido principalmente por calizas, cuyo espesor aumenta hacia el centro de la Llanura Manchega. Son muy características las que aparecen en el Pantano de Peñarroya (sondeos 34 y 35). En nuestra interpretación corresponderían al Terciario superior (TS).

Pliocuaternario

Según ROIZ GARCÍA, J.M. (1977) en las partes más altas del páramo, sobre el Jurásico, se encuentra un conglomerado cuarcítico, de cantos redondeados, con matriz arcillo-arenosa de color rojo intenso, que recuerda a las “rañas”.

Igualmente es descrito en las hojas nº 763 y 788 del MAGNA.

Este conglomerado, que puede contener también cantos de diabasas, granitos y pizarras, se encuentra discordante sobre el Lías y aparece en la parte superior de los principales cerros situados al norte de Ossa de Montiel y El Bonillo, en alturas comprendidas entre 900 y 1000 metros, consistiendo tan solo en pequeños retazos, testigos de un glacis más extenso a punto de desaparecer.

Cuaternario

Se caracteriza por tener una gran variedad de depósitos:

- a) *Pleistoceno*: los autores de la hoja nº 763 del MAGNA y ROIZ

GARCÍA (1977) describen un glacis arcilloso que engloba cantos de calizas angulosos y subangulosos y alguno redondeado de cuarcita, con desarrollos locales de costras calcáreas fragmentadas y removilizadas antrópicamente. En conjunto presentan espesores de 1,5 a 4 metros. Aflora al norte y noroeste del Campo de Montiel, enlazando con la Llanura Manchega.

Asimismo, el afloramiento que aparece inmediatamente al sur de Ossa de Montiel es datado como Pleistoceno en I.G.M.E. (1976). En 1954(a) el I.G.M.E. lo databa como Mioceno. Encontramos en este trabajo la descripción más completa de este afloramiento. Su superficie no alcanza los dos kilómetros cuadrados y presenta, de techo a muro, una caliza muy porosa, margas y arcillas amarillentas, caliza muy fosilífera, arcillas blancas sueltas y arcillas rojas compactas. Esta serie margo-caliza presenta, según el autor, forma de cúpula muy tendida, buzando sus bancos 11° al Oeste y 7° al Este. La profusión de gasterópodos, lamelibranquios y ostrácodos de algunas de sus capas confirma para DUPUY DE LOME la edad Miocena del afloramiento. Concretamente considera que se trata de una serie lacustre del Pontienne.

Por otra parte, en la hoja nº 62 del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, publicado por el I.G.M.E. en 1972(a), se atribuye a esta serie una edad cretácica, citando la semejanza de la misma con otras series cretácicas al norte del Campo de Montiel. El hecho de la existencia de Charáceas entre los fósiles de esta serie hace que se puedan producir confusiones en la datación (I.G.M.E., 1976). Para ellos, son la posición y la cota altimétrica lo que les confirma su pertenencia al Pleistoceno. Además, piensan que sus condiciones de depósito son similares a las de las Lagunas de Ruidera, pudiendo haberse tratado de una antigua laguna puesto que las actuales se desplazan hacia el noroeste, hundiéndose la red hidrográfica en el sustrato mesozoico, lo que se confirma con la existencia de travertinos en varios valles más arriba de las Lagunas de Ruidera.

- b) *Restos de antiguos travertinos*: como ya hemos indicado, se encuentran situados varios metros por encima del nivel máximo actual del agua y confirman el hundimiento de las lagunas.

HENTZSCH et al. (1987) y MARTÍNEZ GOYTRE et al. (1988) describen y datan estos travertinos. Se trata de terrazas travertínicas situadas a unos 15 ó 20 metros sobre el nivel actual de las lagunas y que estos autores interpretan, bien como un descenso paulatino del nivel del agua o bien como un hundimiento progresivo de las lagunas. Son masas aisladas sin gran continuidad lateral, la más grande de las cuales aparece en el flanco NE de la Laguna Lengua y tiene unos 25 metros de altura y menos de 200 metros de longitud. También aparecen a ambos lados de la misma laguna, en la cabecera de la del Rey y en la Tinajas.

Estos autores utilizan el método $\text{Th}_{230}/\text{U}_{234}$ para datar estos depósitos y llegan a la conclusión de que tienen una edad comprendida entre 80.000 y 140.000 años, es decir Pleistoceno superior. Distinguen además dos episodios principales, uno entre 90.000 y 100.000 años y otro entre 120.000 y 130.000 años.

- c) *Depósitos recientes*, constituidos por: coluviones (depositados sobre las laderas, reflejan en sus cantos la litología local y tienen una matriz arcillosa); conos de deyección (al norte del Campo de Montiel); aluviales (ocupan los cauces de los ríos y están constituidos por gravas rodadas, arenas y limos, siendo las gravas de naturaleza calcárea, cuarcítica o areniscosa, sobrepasando a veces los cinco metros de espesor); arcillas de decalcificación (muy extendidas sobre toda la tabla calcárea y ocupando el fondo de depresiones de origen cárstico, son arcillas rojas con un elevado contenido en carbonatos).
- d) *Depósitos travertínicos* ligados a las Lagunas de Ruidera. Son descritos en un gran número de trabajos, como puede comprobarse en los antecedentes de este estudio. Existen varios tipos de depósitos travertínicos en la zona:
 - Un travertino pulverulento, parecido a una marga blanca y que recubre el fondo de los valles adyacentes a las lagunas. Es descrito en la hoja nº 788 del MAGNA y por ORDÓÑEZ et al. (1985a).
 - Travertino de varios metros de espesor sobre el que se asientan las lagunas (también descrito en los mismos trabajos).
 - Terrazas travertínicas, que aparecen bordeando los flancos de numerosas lagunas como la Tomilla, Tinajas, San Pedro,

Salvadora y Lengua. Todas tienen gran continuidad lateral.

- Diques travertínicos que separan las lagunas entre sí y que estudiamos detenidamente en el capítulo 5.2.2.

La edad de las terrazas y diques travertínicos ha sido datada por HENTZSCH et al. (1987) y MARTÍNEZ GOYTRE et al. (1988) por el método $\text{Th}_{230}/\text{U}_{234}$, dando edades inferiores a los 10.000 años (Holoceno).

5.1.2. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA

La bibliografía geológica ha considerado históricamente al Campo de Montiel como una región prácticamente atectónica que era cabalgada hacia el sur por el frente del Prebético Externo (I.G.M.E., 1977b). Sin embargo, las conclusiones de los trabajos de campo y fotogeológicos del I.T.G.E. en 1990(b) difieren de dicha simplicidad, habiéndose cartografiado importantes alineaciones estructurales.

Estos autores definen dos familias de fallas: la primera de direcciones NO-SE y NNO-SSE y la segunda de dirección OSO-ENE.

a) Fallas de direcciones NO-SE y NNO-SSE

- Falla de Munera-Lezuza: es una falla inversa de dirección NNO-SSE. Los materiales jurásicos del bloque oriental cabalgan sobre el bloque occidental constituido por lo que estos autores consideran, también por primera vez en la cartografía, como brechas y megabrechas del cretácico-terciario y que hasta ahora se ha considerado como Lías medio.
- Falla de Viveros-Ruidera: también de carácter inverso presenta una dirección NO-SE y a lo largo de ella afloran materiales triásicos y paleozoicos en diversos puntos, entre ellos la zona de las Lagunas de Ruidera.
- Falla de El Bonillo: tiene también dirección NO-SE y se encuentra situada entre las dos anteriores, siendo de orden menor que ambas.

b) Fallas de dirección OSO-ENE

- Falla de Tomelloso-Villarrobledo: no es observable en campo, y es deducida por la disposición y comportamiento de los materiales terciarios y cuaternarios presentes en el contacto entre la Llanura Manchega y el Campo de Montiel. Los sondeos que hemos analizado en el límite entre ambas unidades

también indican una zona de fractura en profundidad. Tiene un carácter normal, siendo el bloque hundido el situado hacia el norte.

- Falla de El Lobillo: es paralela a la anterior y también aparentemente normal. Dado que sólo afecta a los materiales mesozoicos*.
- Falla de Viveros-Montiel: el bloque hundido es el situado hacia el sur, apareciendo numerosos afloramientos triásicos a lo largo de la misma en el bloque septentrional.
- Falla de El Robledo: tiene unas características similares a la anterior y a lo largo de ella se encaja el río Jardín.
- Falla de Alcaraz: es paralela a las dos anteriores aunque genéticamente parece tener un origen distinto habiendo sido asociada a los cabalgamientos prebéticos.

Además de dichas fracturas, en el trabajo del I.T.G.E. de 1990(b) se describen diversas estructuras de plegamiento que afectan a los materiales del Campo de Montiel.

Se trata de numerosos pliegues de pequeño radio que se encuentran recubiertos por materiales terciarios y cuaternarios que habitualmente dificultan su observación. Además, en muchas ocasiones dichos materiales presentan las mismas o parecidas características litológicas que los jurásicos, por lo que han sido confundidos en las cartografías.

Parece que las direcciones de plegamiento son E-O en el bloque occidental de la falla de Viveros-Ruidera y N-S y NNO-SSE en el bloque oriental.

La mayoría de los pliegues están muy apretados, lo que dificulta su individualización, habiendo solamente uno de grandes dimensiones que es el sinclinal de Sotuélamos-Lezuza. Se trata de un sinclinal de dirección NO-SE cuyo flanco occidental se encuentra suavemente tendido hacia el este, estando afectado el oriental por la falla de Munera-Lezuza.

En las hojas MAGNA y en los mapas geológicos a escala 1:50.000 de la primera serie, números 763, 788 y 814, se cartografían en los materiales del Lías inferior una serie de pliegues de gran radio y zonas inclinadas en distintas direcciones que no suelen superar los 15 grados. En las calizas del Lías superior los pliegues son de menor tamaño (a escala de un metro). Para el I.G.M.E. (1975a) este contraste se explica por la diferente viscosidad entre ambas unidades y la arcillosa que las separa (Lías medio), así como por los espesores de las capas que condicionan la longitud de onda de los pliegues, los cuales están relacionados con los movimientos béticos.

* Su importancia es difícil de evaluar.

Sin embargo, en los mapas de la primera serie (1954a y 1955) los pliegues de gran radio y las inclinaciones de las capas jurásicas, que no presentan una dirección determinada, ni un sentido general de buzamiento, ni muestran una deformación continua, se explican debido a empujes puntuales en la vertical. Por todo ello, proponen como única explicación la teoría, ya citada por Hernández Pacheco en muchas de sus obras, de los hundimientos: en el contacto entre los materiales carbonatados y las facies Keuper se producirían una serie de oquedades debidas a disoluciones de los yesos y sales triásicas. Estas oquedades provocarían, en determinados momentos, el colapso y hundimiento de las formaciones superiores. La distribución de las zonas onduladas podría estar en relación con un mayor o menor porcentaje de elementos solubles en el sustrato. Por otra parte, llaman la atención sobre la estructura en domo del afloramiento mioceno de Ossa de Montiel. No puede atribuirse a un empuje tangencial, puesto que un esfuerzo tectónico proveniente del SE habría deformado los sedimentos más antiguos de la zona intermedia y, sin embargo, han permanecido horizontales. Tampoco puede explicarse esta deformación por los hundimientos antes descritos, pero sí puede deberse a un empuje de abajo arriba, bien por fenómenos de diapirismo, o bien a empujes isostáticos.

Los abombamientos de las calizas y dolomías jurásicas, bien por plegamiento, bien por fenómenos de diapirismo de los materiales plásticos del Triásico superior, bien por la suma de ambos, son frecuentes en los alrededores de las lagunas, muy probablemente asociados a la falla de Viveros-Ruidera.

Las fracturas inversas de direcciones NNO-SSE (Munera-Lezuza) y NO-SE (Viveros-Ruidera) y los pliegues de dirección NO-SE y NNO-SSE que aparecen en la zona oriental del acuífero parecen estar relacionados con la etapa compresiva desarrollada durante la fase principal Sávica-Esteárica. En esta fase se produce una fuerte compresión lateral que origina acortamientos tangenciales e incrementa desniveles verticales del zócalo a favor de fracturas N-S. La cobertera se pliega y, de forma simultánea, el zócalo juega según fracturas NE-SO provocando en aquella disarmonía, giros de ejes, relieves de pliegues, etc. (I.G.M.E., 1986b).

Las fracturas normales de dirección E-O y OSO-ENE, que cortan las anteriores estructuras, se producen en una etapa distensiva posterior de dirección N-S a NO-SE. Las fracturas E-O situadas en el límite norte del Campo de Montiel provocan el hundimiento progresivo del acuífero hacia la Llanura Manchega, la cual constituye una zona de subsidencia tectónica generada durante la etapa de distensión. Esta hipótesis es coherente con los cortes geológicos que presentamos en el capítulo 5.2.1.

5.1.3 - GEOMORFOLOGÍA

Para ROIZ GARCÍA (1977) pueden distinguirse tres unidades geomorfológicas en la zona de estudio:

- **Glacis de acumulación de materiales tipo “raña”.** Estos materiales, que han sido descritos en el capítulo de estratigrafía, se encuentran situados en las cimas de los cerros más altos de la zona, a alturas entre los 950 y los 1000 metros. Se caracteriza por su gran extensión, horizontalidad y poca potencia, por lo que pudo tratarse de una superficie importante de acumulación que se depositara sobre una zona previamente nivelada.
La procedencia de estos materiales es difícil de determinar ya que no existen relieves paleozoicos cercanos que puedan dar una extensión tan grande de cantos cuarcíticos. ROIZ GARCÍA (1977) propone su origen en el Cretácico detrítico ubicado al suroeste de Albacete.
Sobre la edad de la superficie de depósito de la raña y de ella misma se plantea un nuevo problema. Si se considera como Pliocuaternalia, la superficie podría ser finimiocena, o finipliocena si es coetánea con la deposición.
- **Glacis de acumulación cuaternario (Llanura Manchega).**
Se desarrolla a partir del borde norte y noroeste del Campo de Montiel y tiene una gran extensión.
Está compuesto por arcillas y cantos calizos angulosos pudiendo haber en la base cantos cuarcíticos. También hay bloques de costras calcáreas removilizados antrópicamente.
El contacto entre el glacis y el Jurásico sigue la curva de nivel de 800 metros, caracterizándose por ser difuso y sin ningún resalte debido a la inclinación de las capas jurásicas hacia el norte.
Se trata de un Cuaternario antiguo puesto que la red fluvial está encajada en él, aunque es un encajamiento ligero debido a las características climáticas de la zona (precipitaciones poco intensas).
La potencia del glacis en esta zona alcanza los 5 metros aunque aumenta hacia el norte.
- **Altiplanicie del Campo de Montiel.** Entre las dos unidades descritas se encuentra el modelado uniforme del Campo de

Montiel, con un relieve de erosión originado por el desmantelamiento del glacis de la “raña” y de la superficie sobre la que aquella se apoyaba.

La red fluvial presenta un encajamiento casi constante en todos los valles por la presencia del nivel de base. Hay algunos valles encajados que asemejan a cañones cársticos y pequeñas cabezas cársticas de poco desarrollo.

No hay fenómenos cársticos importantes aunque aparecen algunas dolinas, más numerosas hacia el este (SÁNCHEZ DE LA TORRE et al., 1969).

En la parte alta de las carniolas puede aparecer una capa de caliza crinoidea que da un resalte de pequeño salto muy característico.

Por último, dentro del relieve del Campo de Montiel, ROIZ GARCÍA (1977) describe una delgada capa de materiales, que recubre las carniolas del Jurásico, formada por arcillas rojas con cantos angulosos de calizas y que atribuye al Cuaternario. Podría tratarse de un glacis de cobertera, inclinado hacia el sur, desarrollado a partir de la divisoria Záncara-Guadiana y muy extendido en los alrededores de El Bonillo. Por su composición y características de afloramiento podría tratarse de lo que el I.T.G.E. define como facies de brechas y limos rojos del Terciario y que hemos encontrado en varios sondeos en el valle del Guadiana y en el embalse de Peñarroya.

Por otra parte, PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982) individualiza la unidad morfológica del Campo de Montiel a la que considera una altiplanicie poligénica y donde distingue tres superficies erosivas:

- a) La superior, que aparece entre las cotas 1100 y 970 y es la más antigua y degradada. Es datada como de edad miocena.
- b) La intermedia se desarrolla entre 20 y 40 metros por debajo de la primera. La denomina como “Superficie de El Bonillo”.
- c) La inferior, o “Superficie de Ossa de Montiel”, es la mejor conservada, desarrollándose sobre ella el complejo hidrológico de Ruidera.

MUÑOZ JIMÉNEZ et al. (1990) destacan la presencia de numerosos canales de trazado meandriforme (“cañadas”) que están leve pero nítidamente encajados en la superficie del Campo de Montiel (al igual que en ciertos sectores de la Llanura Manchega como los de Campo de Criptana-San Clemente o Daimiel-Campo de San Juan). Consideran que se trata de las huellas morfológicas de una red fluvial que se estableció sobre el recu-

brimiento continuo que formaban los materiales terciarios. Dado que los bancos de calizas jurásicas presentan una cohesión, una granulometría y una solubilidad muy poco favorable para que los cursos fluviales mantengan un carácter divagante y desarrollen lechos densamente ameandrados (como el propio río Pinilla), parece claro que éstos debieron formarse sobre los depósitos detríticos (arenas, limos y gravas) del Terciario, que se habían depositado discordantemente sobre el Jurásico y que en la actualidad están casi completamente dismantelados. Sus huellas se conservan por diversos motivos: lo reciente de su establecimiento, el incompleto desarrollo de la actual red de drenaje y la capacidad de las calizas para fijar y conservar los lechos fluviales encajados en ellas al bloquear la evolución de los meandros y dificultar el mantenimiento del flujo superficial.

En cuanto a la geomorfología de las Lagunas de Ruidera, ORDÓÑEZ et al. (1985a) separan dos tipos de formas: las de disección y vertientes y las de depósito.

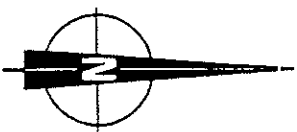
Entre las primeras se cuentan los escarpes, taludes, valles secos de fondo plano y en “V”, conos, depresiones debidas a la erosión lineal y cárstica, pseudo-torcas y la superficie de carstificación o de “Ossa de Montiel”, tal como indica PÉREZ GONZÁLEZ (1982).

Entre las formas de depósito están representadas las tobas en facies de cascada asociadas a formas de barrera (Holoceno-Actual); conjuntos tobáceos detríticos asociados a las zonas bajo la barrera (Holoceno-Actual); terrazas travertínicas situadas aguas arriba de la barrera (Holoceno-Actual); edificios tobaceos no funcionales colgados de 5 a 20 metros sobre los conjuntos actuales (Cuaternario); zonas encharcadas con precipitación actual de carbonatos; depósitos eólicos actuales; acumulaciones detríticas de fondo de valle; depósitos crioclásticos amorfos (Cuaternario medio y reciente); acumulaciones detríticas poco rodadas tipo rambla (Cuaternario medio-antiguo); y coberteras detríticas poligénicas (Cuaternario medio-antiguo).

5.2. GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

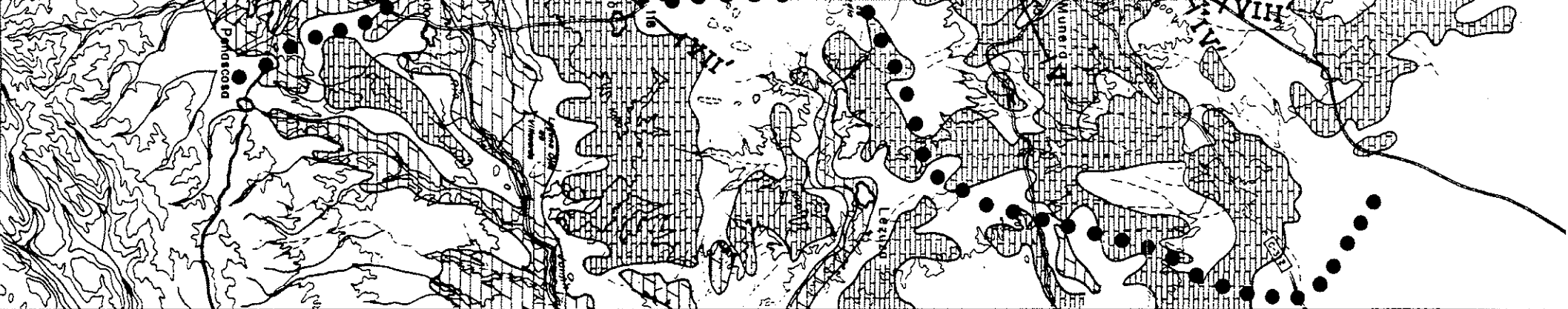
Con el fin de conocer la geometría del acuífero, principalmente la profundidad de su fondo impermeable, se recopilieron los datos de 163 sondeos ubicados tanto en el propio Campo de Montiel como en la zona del límite con la Llanura Manchega (fig. 5.3).

Se contó con información procedente de organismos públicos como el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas (S.G.), el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (I.T.G.E.); de empresas de



LEYENDA

- ● ● DIVISORIA HIDROGRAFICA
- Lídsico Superior
 - DOLOMITAS, CALIZAS Y CALCARENITAS
- Lídsico Inferior
 - DOLOMITAS, CARRIZAS Y CALIZAS
- Tridísico
 - AFLORAMIENTOS DE FACIES KEUPER DENTRO DEL ACUÍFERO
- 83 + NÚMERO DE LA COLUMNA ESTRATIGRAFICA.
- S. E. V.
- I—I' CORTE GEOLOGICO.



construcción de pozos y de algunos agricultores que disponían de las columnas litológicas de sus pozos. Por otra parte, se testificaron las columnas de los sondeos realizados por el Servicio Geológico a lo largo del valle del Guadiana y en el Pantano de Peñarroya.

En total se obtuvieron:

- 104 columnas detalladas
- 37 columnas esquemáticas
- 13 datos de profundidad del sondeo que coinciden con la profundidad del techo del Triásico
- 9 datos de profundidad del techo del Triásico

Diecisiete de las columnas esquemáticas corresponden a los respectivos sondeos a rotoperCUSión que realizó el Servicio Geológico para ser utilizados como piezómetros, de los cuales no pudo obtenerse información detallada puesto que no se levantaron columnas estratigráficas tras su ejecución. Por ello, algunos de los datos tan sólo sirven para conocer la profundidad del techo del Triásico. El resto de las columnas esquemáticas se recopilaron en fincas privadas, al igual que los datos de profundidad del techo del Triásico (registrado por algunos propietarios durante la perforación de sus pozos).

Además de las columnas litológicas contamos con la información obtenida en una campaña de geofísica que realizamos en 7 puntos de los alrededores de las Lagunas de Ruidera: 5 en la Laguna Blanca, uno en la estación de aforos de La Cubeta, entre las lagunas altas y las bajas y el último cerca de la carretera Ruidera-Alhambra, en la margen izquierda de las lagunas. En la figura 5.4 se indica la situación de los sondeos eléctricos verticales y en la figura 5.5 la interpretación geológica de los mismos.

Los puntos 1, 2 y 3 pertenecen a un corte geofísico en dirección NO-SE realizado en el arroyo de la Nava, en las inmediaciones de la Laguna Blanca, aproximadamente a 1,5 metros por encima de la misma.

El punto 4 se realizó sobre la Laguna Blanca con las alas abiertas en dirección N 8° O. El punto 5 se llevó a cabo en el río Pinilla a unos 500 metros de la Laguna Blanca, con las alas paralelas al río.

El punto 6 se efectuó en el río Guadiana junto a la estación de aforos de La Cubeta, con las alas paralelas al río.

Por último, el punto 7 se realizó en la Loma de Cinco Navajos, en la carretera de Ruidera-Alhambra, con las alas abiertas en dirección 110°-120°.

En el área de la Laguna Blanca (puntos 1, 2, 3, 4 y 5) los resultados de los sondeos eléctricos verticales indican que los materiales impermeables

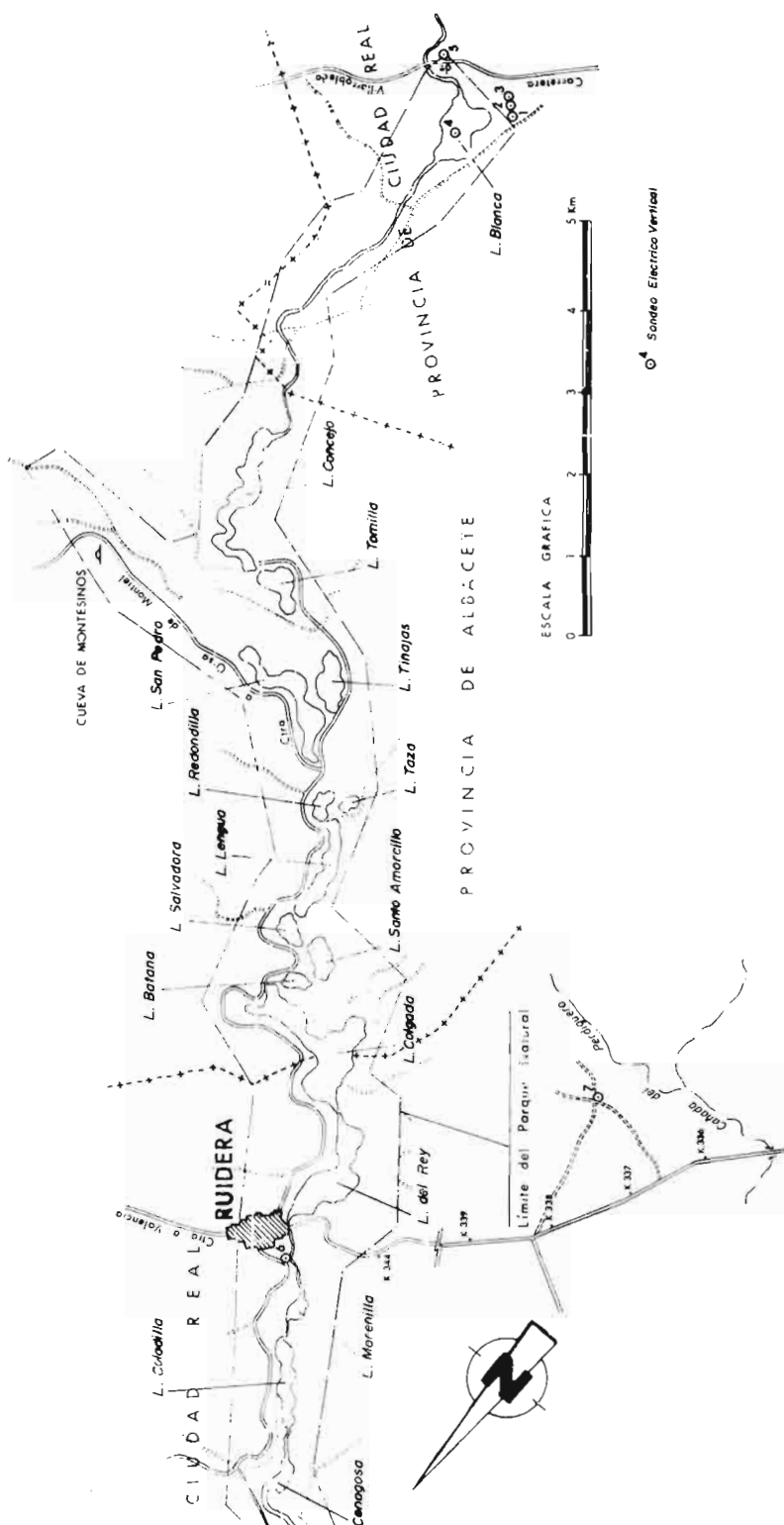


Fig. 5.4. Situación de los sondeos eléctricos verticales.

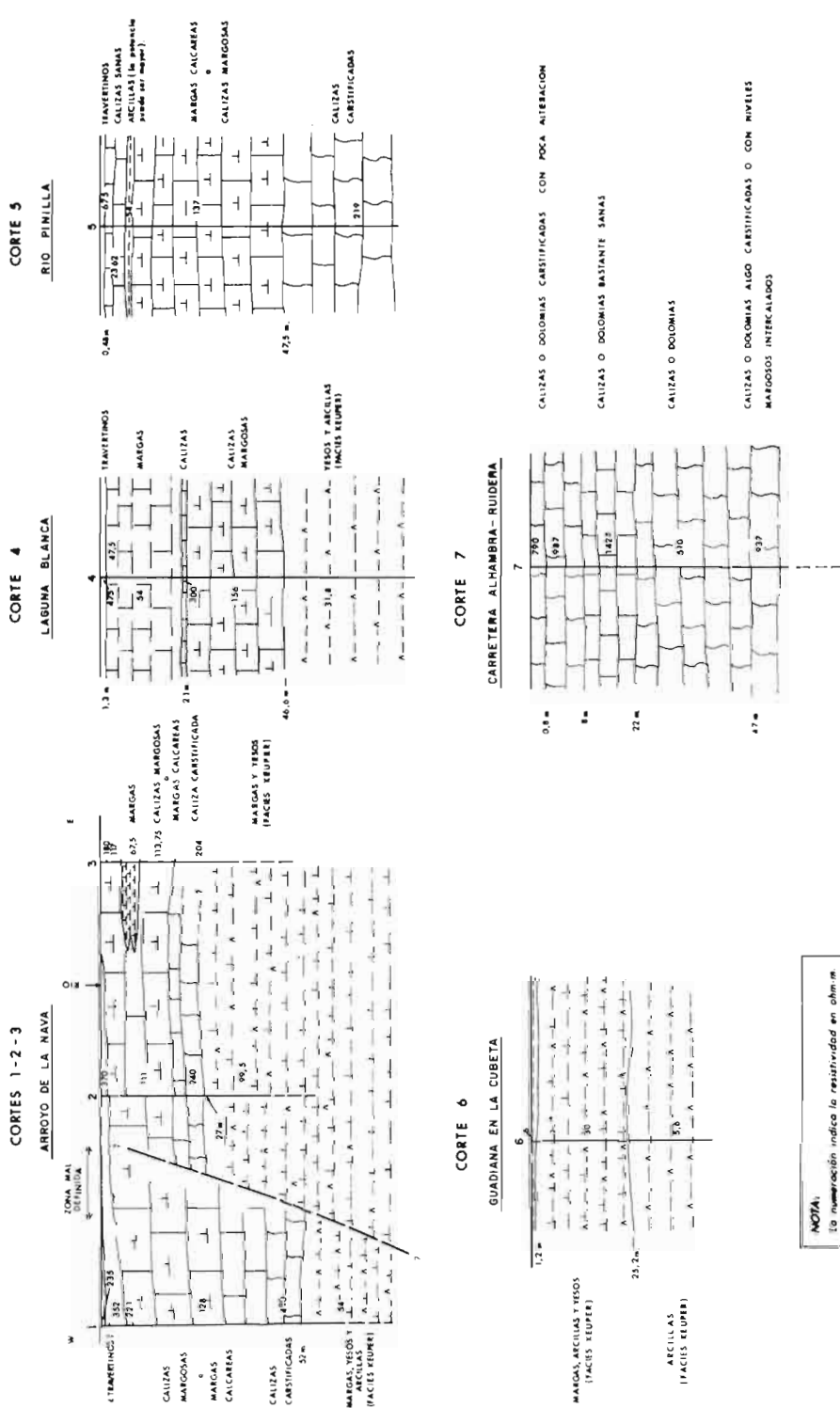


Fig. 5.5. Interpretación de los sondeos eléctricos verticales.

del Triásico superior se encuentran a profundidades entre 30 y 50 metros. El sondeo que posteriormente se realizó junto a la Laguna Blanca (nº 89) confirmó este dato puesto que se alcanzó el Triásico a 26,5 metros. También se detectó una zona de fractura que corta el perfil realizado en el arroyo de La Nava y que se puede deducir de los cortes geológicos XIV-XIV' y XV-XV' (fig. 5.14).

En el sondeo 6, realizado en la estación de aforos de La Cubeta, junto a las lagunas bajas, se reconoce un recubrimiento poco potente de depósitos aluviales y bajo ellos un conjunto arcillo-yesífero correspondiente al Triásico superior, que aflora a unos 100 metros de dicho punto.

Por lo que se refiere al sondeo 7, situado sobre una zona de baja transmisividad en el margen izquierdo de las lagunas, se detectó una formación calcárea potente muy resistiva y de baja permeabilidad por ausencia de carstificación.

También hemos dispuesto de los resultados de un estudio geofísico del I.T.G.E. (1990b) cuyos perfiles geoeléctricos cubren gran parte del Campo de Montiel. Puntualmente se asemejan a los datos proporcionados por las columnas litológicas, por lo que fueron utilizados para completar los cortes geológicos en zonas donde no se disponía de información geológica, aunque se han utilizado con precaución, no habiéndose considerado los espesores en su valor absoluto.

Las columnas litológicas, los datos geofísicos, la cartografía geológica y las observaciones de campo fueron las bases para la elaboración de un mapa geológico de síntesis del Campo de Montiel (fig. 5.2), del mapa de profundidades del techo del Triásico (Fig. 5.6) y de los perfiles geológicos e hidrogeológicos (figuras 5.7 a 5.14, 5.20 y 5.21). Todos ellos nos sirvieron para determinar los límites del acuífero y definir su geometría.

5.2.1. LÍMITES DEL ACUÍFERO

Para conocer el espesor del acuífero y la profundidad de su fondo impermeable, se trazó un mapa de profundidad del techo del Triásico (fig. 5.6).

En la mayor parte del Campo de Montiel el Triásico yace exclusivamente bajo los materiales jurásicos aunque, en algunas zonas, por encima del Jurásico quedan retazos terciarios o aparecen depósitos cuaternarios (principalmente travertínicos). Éstos últimos pueden alcanzar los 50 metros de potencia en el valle del Guadiana.



LEYENDA

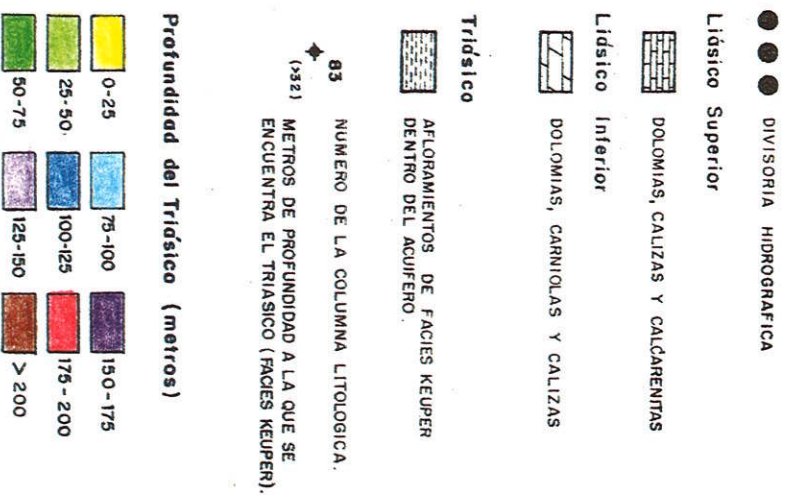


Fig. 5.6. Profundidad del techo del Triásico.

En la zona de contacto con la Llanura Manchega el techo del Triásico se hunde bruscamente debido a una fracturación distensiva y queda cubierto por materiales jurásicos cuya potencia aumenta progresivamente; por Cretácico (solo en determinados puntos); por una serie terciaria formada por materiales detríticos del Terciario inferior, materiales evaporíticos del Terciario medio y materiales carbonatados del Terciario superior que aparecen principalmente al norte, hacia el centro de la Llanura Manchega; y por un conjunto de sedimentos pliocuaternarios que constituyen un glacis de cierta extensión entre el Campo de Montiel y la Llanura Manchega. En muchos de los sondeos de la zona de contacto entre ambas unidades geomorfológicas no se llega a cortar el Triásico, alcanzándose en otros a profundidades entre 115 (sondeo 23) y 240,5 metros (sondeo 22). En la zona occidental de dicho contacto el Triásico se encuentra mucho más somero (entre 14 y 70 metros), aflorando en el límite occidental del Campo de Montiel.

En cuanto al Jurásico, aparece en los sondeos situados en una franja paralela al contacto entre el Campo de Montiel y la Llanura Manchega que se extiende desde Manzanares al sur de Socuéllamos. Al norte de dicha banda, sondeos que alcanzan los 336 metros (nº 163) o los 260 metros (nº 1) no lo llegan a cortar.

Dentro ya del Campo de Montiel el espesor de los materiales jurásicos no es constante sino que está muy influenciado por la fracturación que afecta al acuífero y por la erosión. En general, se detectan espesores de 75 a 120 metros en la zona central del acuífero y cabecera de las Lagunas de Ruidera, aunque también hay puntos al sureste y suroeste donde las profundidades del techo del Triásico varían entre 50 y 75 metros.

Existen dos áreas donde se alcanzan profundidades mayores de 200 metros: al norte de Ossa de Montiel y al este de Munera.

También se han observado umbrales triásicos que afloran en las Salinas de Pinilla (zona sur-oriental), en la franja Villahermosa-Viveros (zona sur) y al norte de Ossa de Montiel (zona central) inmediatamente al sur del fuerte hundimiento que hemos citado anteriormente. El Triásico aflora también en las proximidades de las Lagunas de Ruidera, dándose en sus alrededores, en general, áreas de menor cota absoluta.

Se han intentado correlacionar las columnas litológicas entre sí, si bien en los materiales jurásicos no ha sido posible debido, por una parte, a que los procesos tectónicos, los fenómenos diapíricos, los cambios laterales de facies y la intensa fisuración de las calizas provocan grandes cambios entre los distintos puntos y, por otra, a que los criterios con los que han sido descritas las columnas son diferentes por su distinta procedencia. En la Llanura Manchega, sin embargo, las variaciones litológicas del terciario han permi-

tido hacer, al menos, una distinción entre los diferentes tramos (superior, medio e inferior) del Terciario.

En las figuras 5.7 a 5.14, 5.20 y 5.21 se han representado los 17 cortes geológicos cuya traza se muestra en la figura 5.3 y que se describen a continuación.

CORTE I-P: Tiene una orientación N-S y discurre a lo largo del valle del Guadiana desde la Llanura Manchega hasta el límite sur del Campo de Montiel, donde los materiales jurásicos se ponen en contacto con los triásicos (figura 5.7).

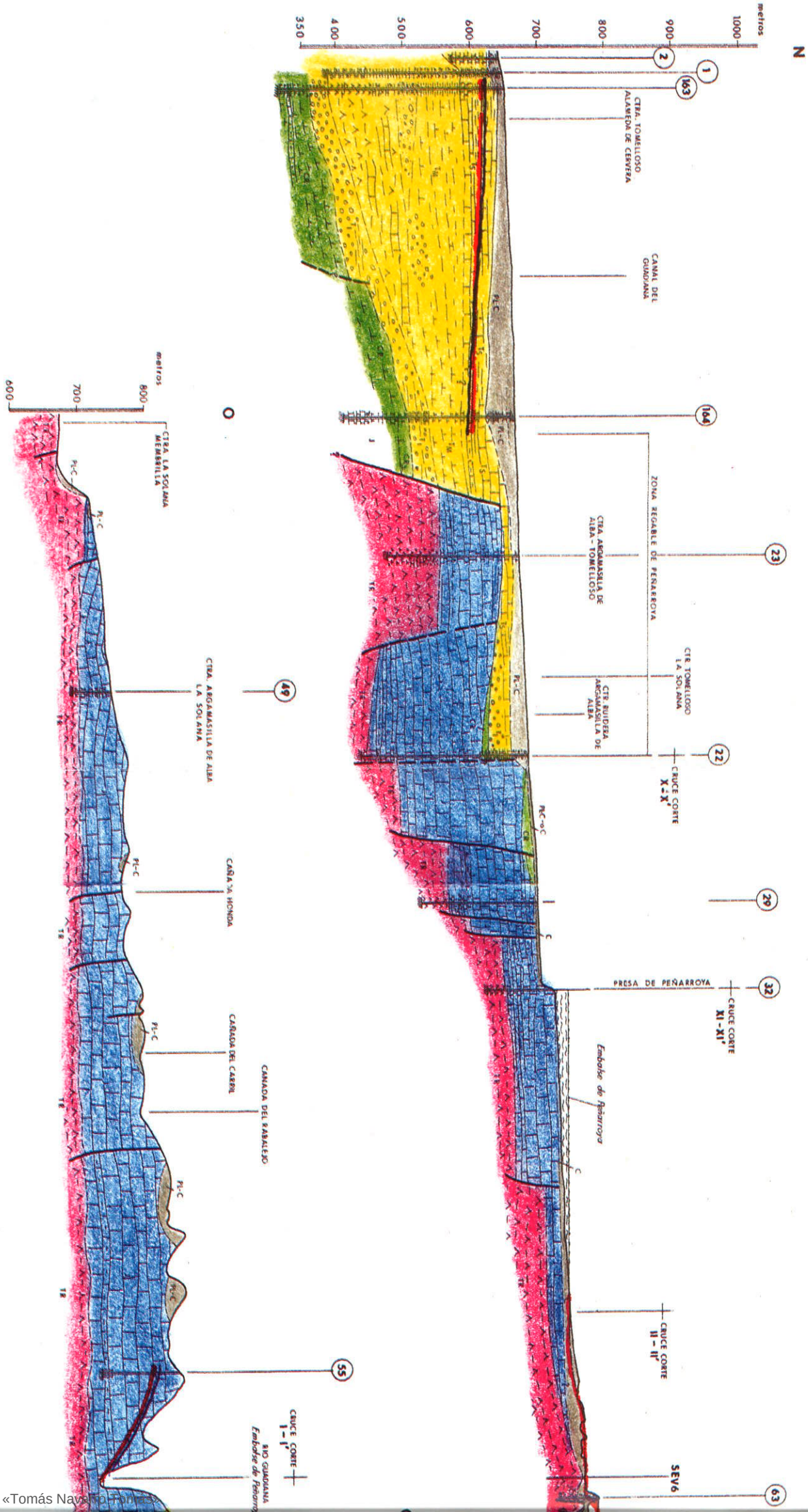
* El límite norte del acuífero del Campo de Montiel no es neto. Las calizas y dolomías jurásicas son cubiertas por los materiales terciarios y pliocuaternarios de la Llanura Manchega ya que, a partir del embalse de Peñarroya, dejan de aflorar en superficie. Los numerosos sondeos que las cortan en profundidad indican un incremento muy importante en su espesor y un progresivo escalonamiento de su base (techo del Triásico superior en facies Keuper). Estos hechos, junto a la irregularidad del techo del Triásico, confirman la existencia de una fracturación de tipo distensivo que bascula los bloques jurásicos hacia el norte, encontrándose a grandes profundidades hacia el centro de la Llanura Manchega; esta hipótesis ya es apuntada en I.G.M.E., 1986(b). Estudiando el corte en detalle se observa:

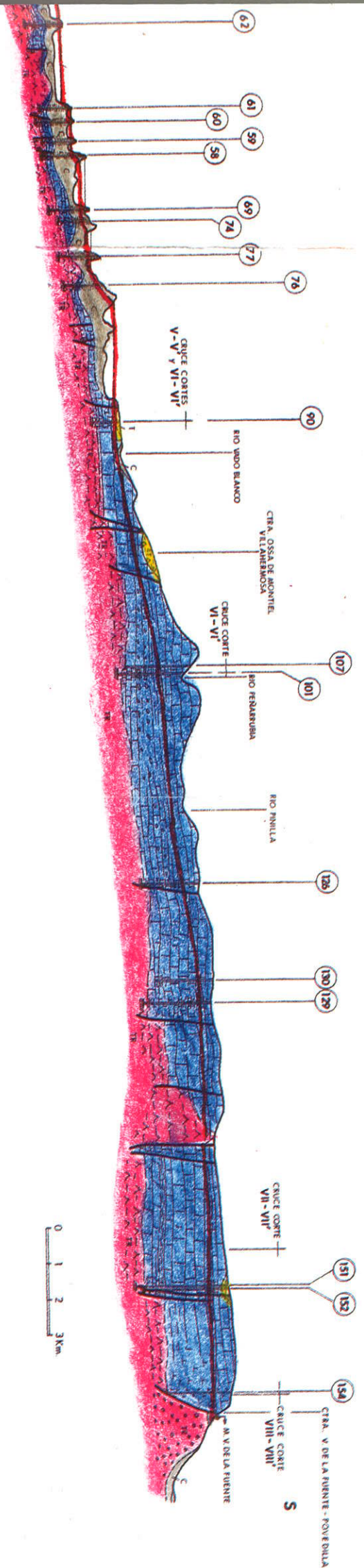
- Progresivo aumento de espesor del pliocuaternario, principalmente a partir del punto nº 22.
- En la base y hacia los bordes predominan los materiales detríticos groseros del Terciario inferior; por encima, y con los máximos espesores hacia el centro de la cuenca, se encuentra el Terciario medio, representado por evaporitas (yesos y anhidritas) y escasos materiales detríticos; por encima yace el Terciario superior, que alcanza grandes extensiones y también aumenta de espesor hacia el norte (centro de la cuenca).
- Cretácico: aparece representado con pequeños espesores a profundidades variables en varios de los sondeos.
- El Jurásico presenta un continuo aumento de espesor hacia la Llanura Manchega desde la cerrada de Peñarroya, donde empieza a ser cubierto por el Pliocuaternario, el Terciario y el Cretácico.

* Desde la cerrada de Peñarroya hacia el sur, el Jurásico, ya al descubierto, disminuye considerablemente su espesor por efecto de la erosión; el techo del Triásico superior (facies Keuper) también se encuentra a menores profundidades y se eleva topográficamente.

N

CORTE I-I'





ORTE II-II'

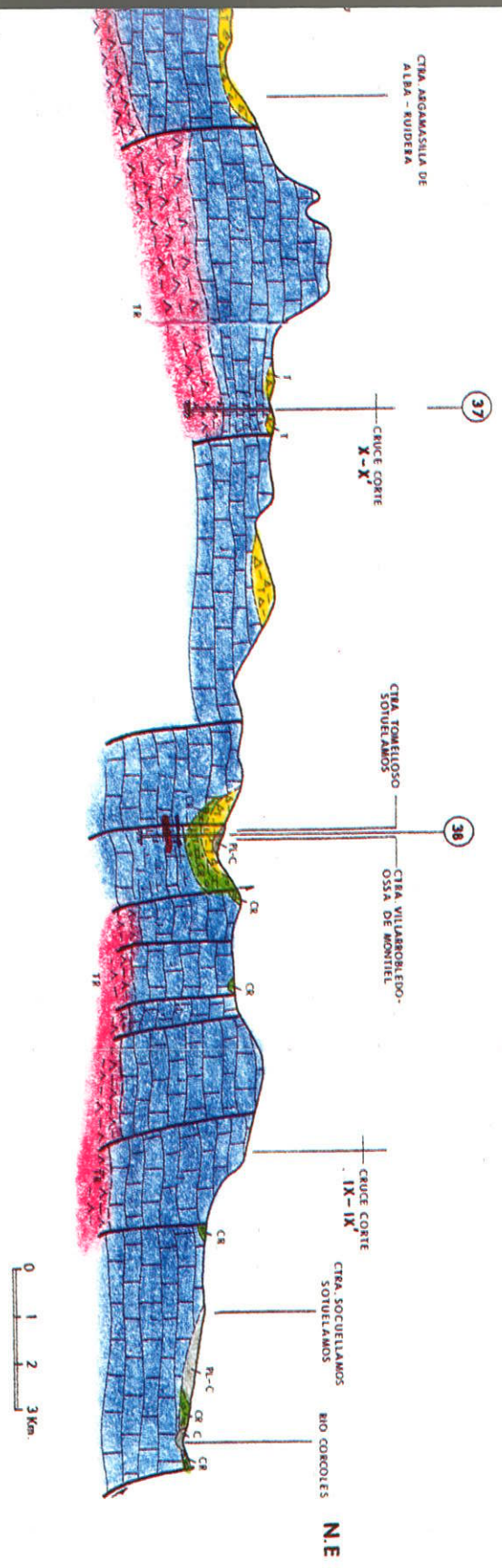


Fig. 5.7. Perfiles geológicos e hidrogeológicos I-I' y II-II'

LEYENDA DE LOS PERFILES GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS

CUATERNARIO	
PLIOCUATERNARIO	
TERCIARIO	
CRETACICO	
JURASICO (LIAS)	
TRIASICO	
PALEOZOICO	

C - Aluvial ; calizas travertínicas (en las lagunas).

PL-C - Conglomerados de cantos de cuarcita .

T - Brechas calcáreas y limos rojos (Campo de Montiel).

Ts - Calizas .

Tm - Arcillas y yesos .

Tl - Conglomerados póligenicos .

Llanura Manchega

CR - Margas y dolomías brechoideas.

J - Dolomías y calizas , localmente margas intercaladas. *

TR - Areniscas arcillas y yesos rojos .

P - Cuarcitas y pizarras.

⊛

L.S (Lías Superior) - Calizas oolíticas , calizas con crinoides . y calcarenitas .

L.M (Lías Medio) - Arcillas margosas con intercalaciones dolomíticas .

L.I (Lías Inferior) - Calizas y dolomías (carniolas) .



NIVEL PIEZOMETRICO EN NOVIEMBRE DE 1.992



NIVEL PIEZOMETRICO EN MARZO DE 1.994.

Parece clara la influencia tectónica en estos hechos si bien no debe olvidarse que su naturaleza plástica puede provocar deformaciones diapíricas.

* La zona de las lagunas se explica detalladamente en el corte XVI-XVI' (fig. 5.16) en el capítulo 5.2.2. Tan solo mencionaremos el hecho de que, por un lado, el Triásico se encuentra muy somero (comparándolo con otras zonas del acuífero) y, por otro, no está inmediatamente debajo de las lagunas, lo que permite la circulación subterránea de agua a lo largo del valle.

* Hacia el sur de la última laguna el espesor de Jurásico aumenta progresivamente, pasando de 30 metros en la zona del sondeo 90 a 80-90 metros en la zona de cabecera (río Peñarroya, río Pinilla y zona de El Cepillo).

En 1994, los espesores saturados oscilaban entre 25 m (sondeo 90) y 75 m (sondeo 130).

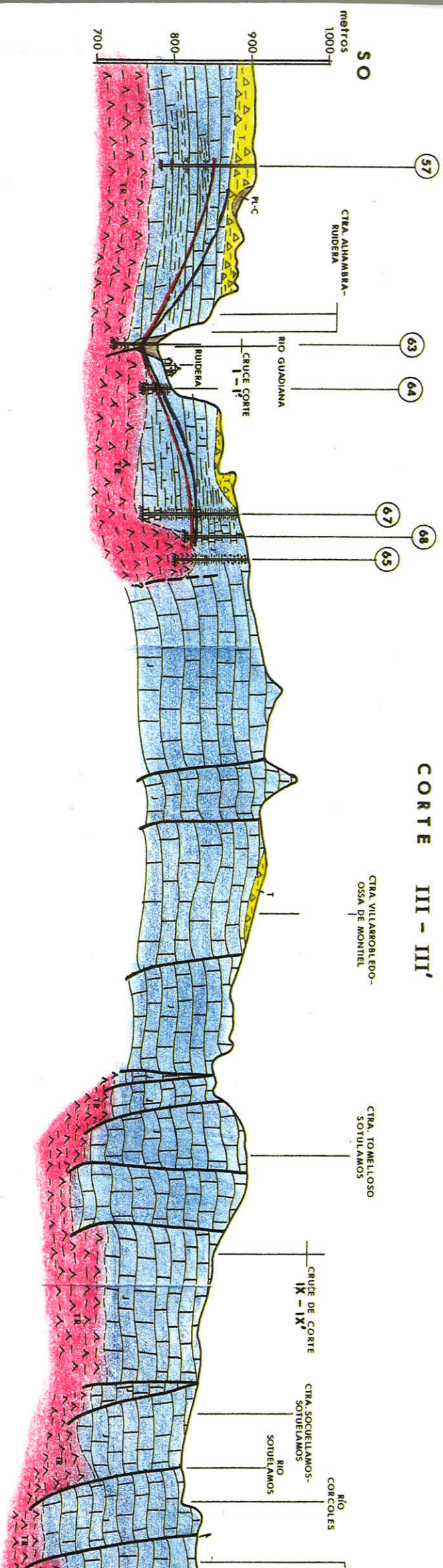
El hecho de que el nivel freático no alcance la superficie del terreno y de tratarse de materiales de muy alta permeabilidad, lo cual favorece la infiltración, explica la habitual ausencia de agua en los ríos Pinilla y Peñarrubia.

* Unos 2 kilómetros al sur de la zona de El Cepillo aflora el Triásico superior, la base del acuífero. Éste y otros afloramientos, condicionados por una intensa fracturación, compartimentan el acuífero en dos zonas, una al norte y otra al sur, conformando una divisoria hidrogeológica.

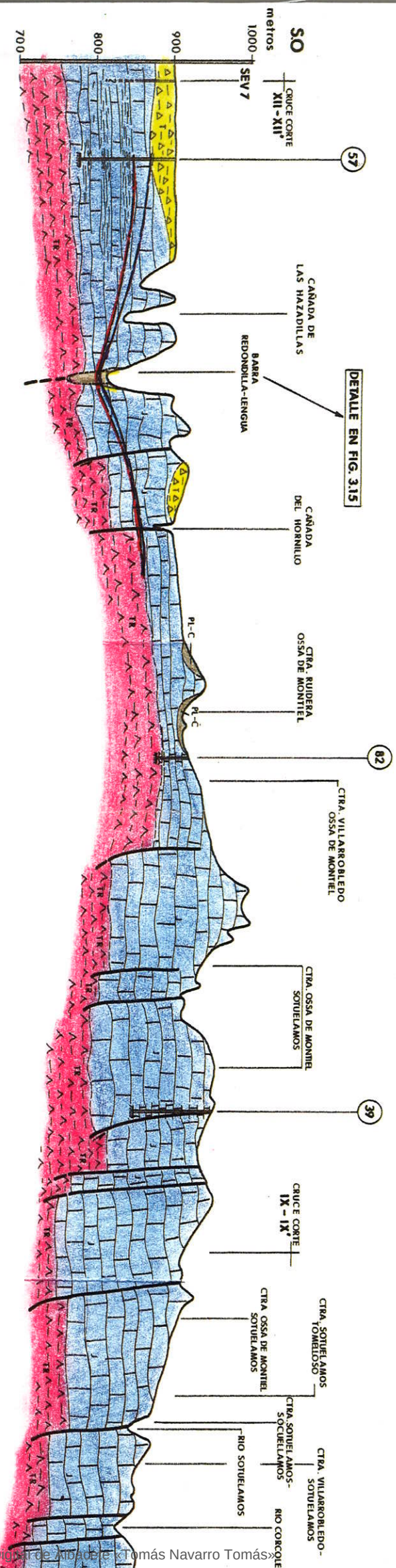
* El pequeño acuífero que queda al sur de dicho afloramiento de “Keuper” tiene espesores relativamente importantes (125-100 metros) y drena sus aguas hacia los manantiales que se encuentran en el contacto entre los materiales jurásicos permeables y los triásicos impermeables que afloran al sur, que se ponen en contacto a través de una falla normal que buza hacia el norte. Esto condiciona la situación de los manantiales, que se encuentran en una posición muy elevada, lo cual impide el drenaje del acuífero cuando los niveles de agua se encuentran por debajo del nivel de vertido del manantial; esto ocurre cuando se bombea agua y/o cuando se produce un período seco y disminuye la recarga.

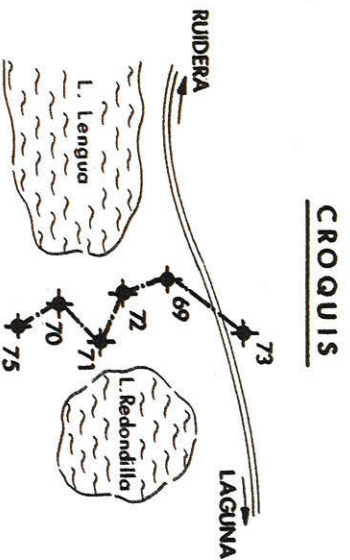
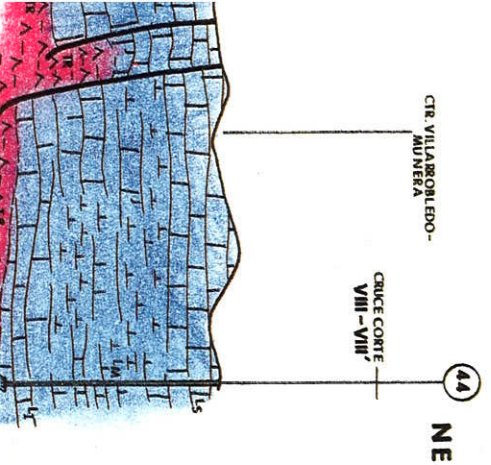
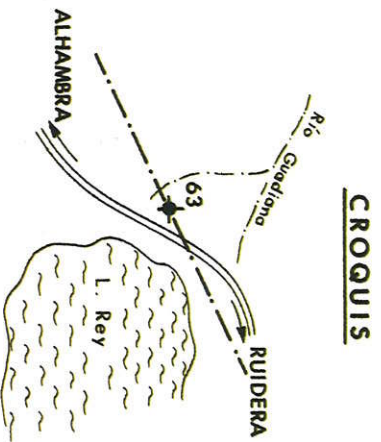
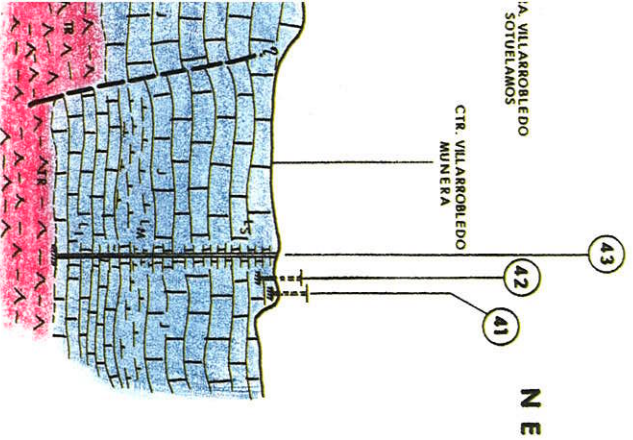
* Por último, se debe destacar la existencia de depósitos terciarios que aparecen en los sondeos pero que en superficie se confunden con el Jurásico, dada la semejanza litológica de ambos.

CORTE II-II': Corte de dirección O-NE, perpendicular al valle de las lagunas, al que corta aguas arriba del embalse de Peñarroya. Al oeste aflora el



CORTE IV - IV'





Triásico superior en la zona de La Solana, mientras que al este llega hasta el río Córcoles (figura 5.7).

- * En la zona occidental, las calizas jurásicas yacen horizontalmente sobre el Triásico sin contactos mecánicos. El espesor del Jurásico disminuye gradualmente hacia el oeste donde llega a erosionarse completamente.

- * En la zona del piezómetro 55 (El Pedrosillo), el Jurásico alcanza más de 115 metros y en el embalse de Peñarroya más de 100 metros a ambos lados del valle. Sin embargo, hacia el este, la presencia de numerosas fracturas hace disminuir el espesor del acuífero (en el sondeo 37 sólo presenta 50 metros).

- * A partir de ese punto, el perfil atraviesa una zona en la que los cortes geofísicos del I.T.G.E. indican potencias de hasta 225 metros, probablemente debido a la presencia de fallas que basculen los bloques.

- * Hacia el este, la existencia de una o más fallas inversas vuelve a levantar los bloques disminuyendo el espesor del jurásico hacia el río Córcoles.

- * En las zonas más elevadas de algunos cerros aparecen restos de lo que debió ser un extenso depósito terciario.

- * Asimismo, hacia el este del sondeo 38 aparecen algunos pequeños afloramientos de Cretácico, condicionados por la fracturación e intensamente erosionados.

CORTE III-III': Corte SO-NE, perpendicular al valle del Guadiana, al que corta a la altura del pueblo de Ruidera; desde la plataforma donde se encuentra el sondeo 57 hasta el este de Munera (figura 5.8).

- * Hacia el oeste, el espesor del acuífero jurásico alcanza los 100 metros y junto a los materiales terciarios que cubren la plataforma sobrepasan los 130 metros.

- * En la zona del valle del Guadiana, la existencia de una fractura inversa que levanta el bloque oriental hace disminuir el espesor del Jurásico a menos de 25 metros y el Triásico llega a aflorar en áreas muy cercanas.

- * Abandonando la zona del valle (que tiene forma irregular, más abrupta por el oeste, quizá relacionado con la mencionada fractura) el Jurásico aumenta de espesor hasta alcanzar (en menos de 3 km) los 135 metros.

- * Sin embargo, un umbral de Triásico reduce de nuevo el espesor del acuífero a 75 metros.

* Poco más hacia el este aumenta de nuevo el espesor, como muestra el SEV nº 4 de la geofísica realizada por el I.T.G.E., alcanzando los 225 m. Este hecho puede deberse a la existencia de una fractura no cartografiada en superficie.

* Hacia el este se mantienen grandes espesores en el acuífero (SEV 216 del I.T.G.E.: 225 metros) hasta la zona oriental de Munera con más de 200 metros de Jurásico, siempre condicionado por una intensa fracturación.

CORTE IV-IV': Corte SO-NE, perpendicular al valle del Guadiana, al que cruza por la barra de la laguna Redondilla. Abarca desde la plataforma del sondeo 57 hasta la zona oriental de Munera (figura 5.8).

* El espesor de Jurásico en la zona occidental del valle sobrepasa los 100 metros y junto al Terciario los 125 metros.

* En la zona del valle se observa cómo la corriente fluvial se ha encajado en los materiales jurásicos y triásicos y ha depositado el cuaternario.

* Hacia el este, un conjunto de fracturas inversas elevan el techo del Triásico superior haciéndolo aflorar en varios puntos, como en la ermita de San Pedro. En el sondeo 82 se corta a unos 35 metros, mientras que junto al valle el espesor del acuífero podría alcanzar los 150 metros. El estrechamiento del acuífero en esta zona hace disminuir considerablemente el flujo de agua hacia las lagunas desde la zona oriental, más si tenemos en cuenta que este piezómetro fue cegado tras su construcción ya que se alcanzó el Triásico sin encontrar agua, lo que significa que este punto marcaría un umbral o divisoria hidrogeológica.

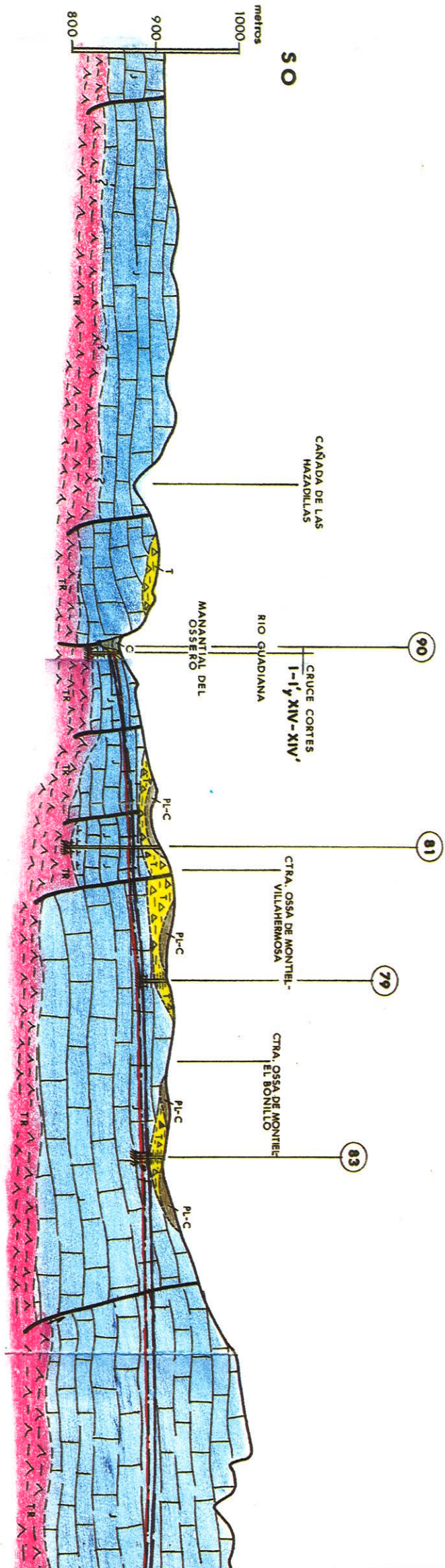
* Hacia el este, los espesores vuelven a aumentar a partir de dicho umbral, principalmente como consecuencia del basculamiento de los bloques jurásicos por las numerosas fracturas que afectan el acuífero.

* En la zona más oriental del corte IV-IV' la columna nº 44 tiene al menos 185 metros de Jurásico inferior (Lías inferior, medio y superior).

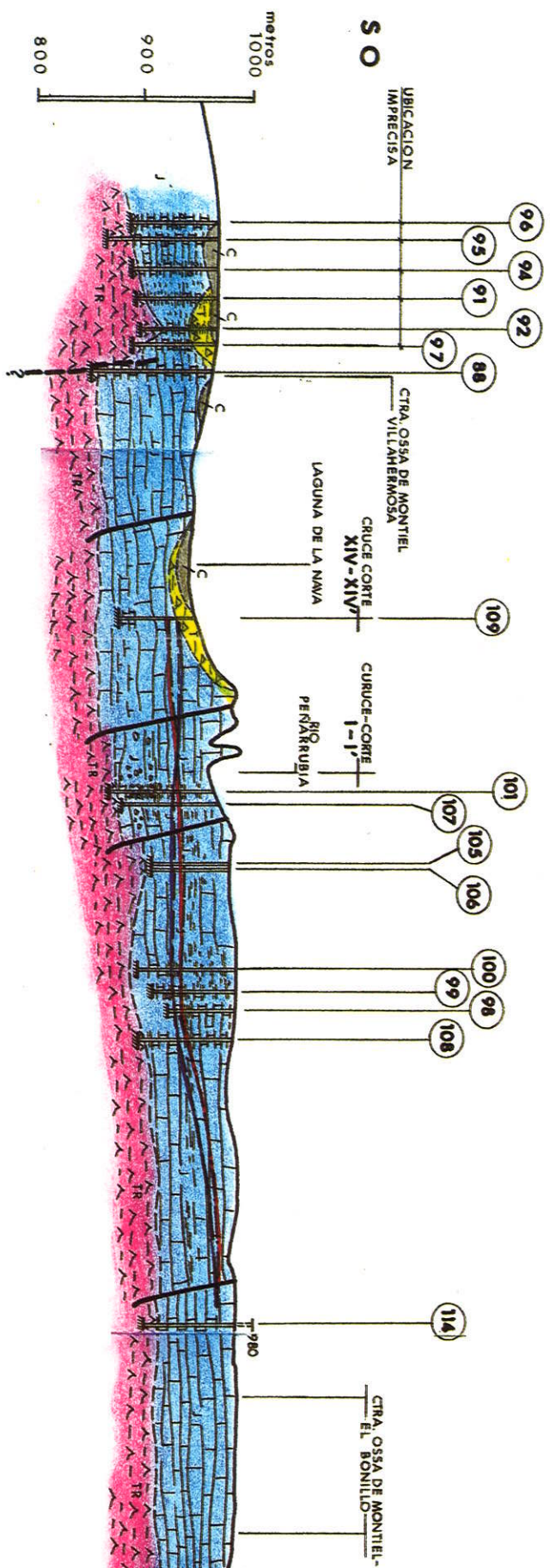
CORTE V-V': Corte SO-NE, perpendicular al valle del Guadiana, al que cruza por la cabecera de la laguna Conceja, en concreto por el manantial de El Ossero (figura 5.9).

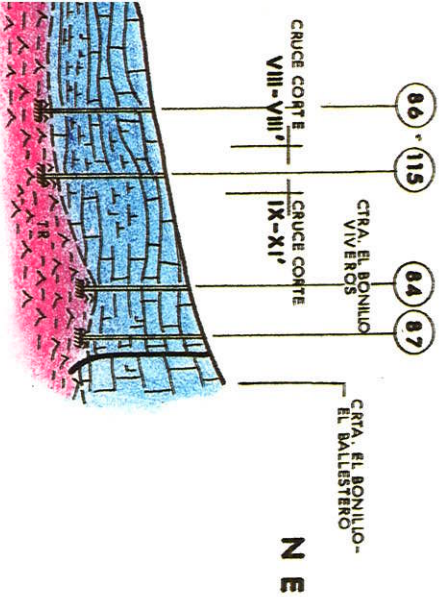
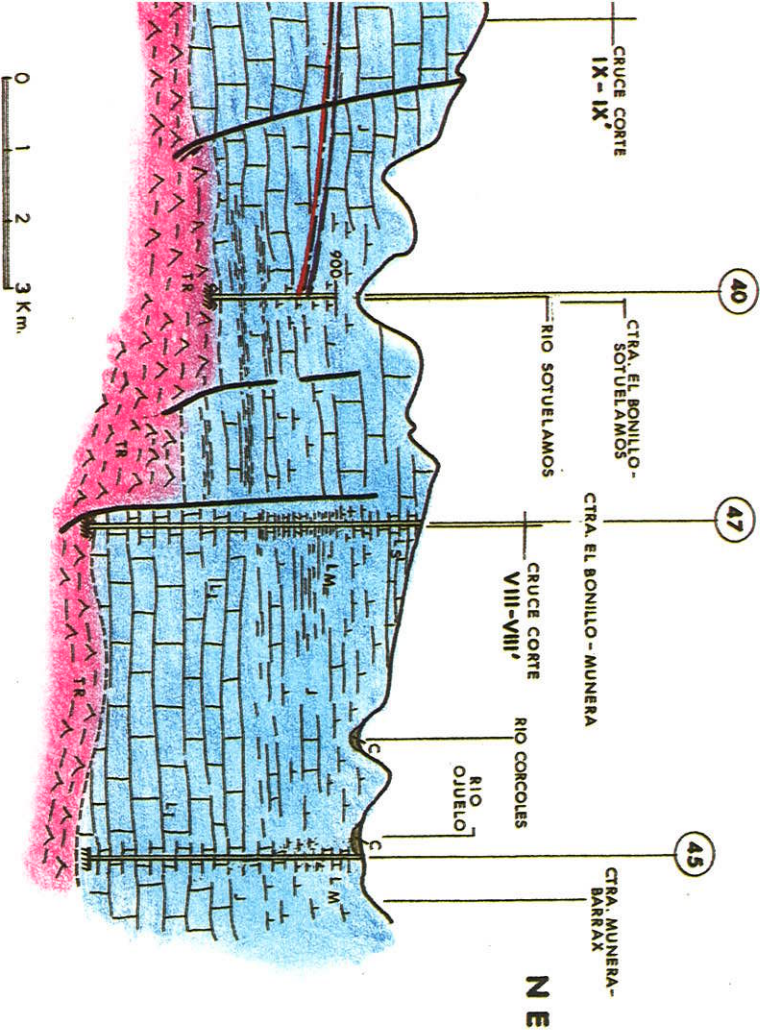
* Hacia el oeste el espesor del acuífero es de unos 75 a 100 metros, mientras que hacia el este la fractura inversa a lo largo de la que se ha encajado el valle hace subir el Triásico superior, disminuyendo el espesor del Jurásico a menos de 50 metros.

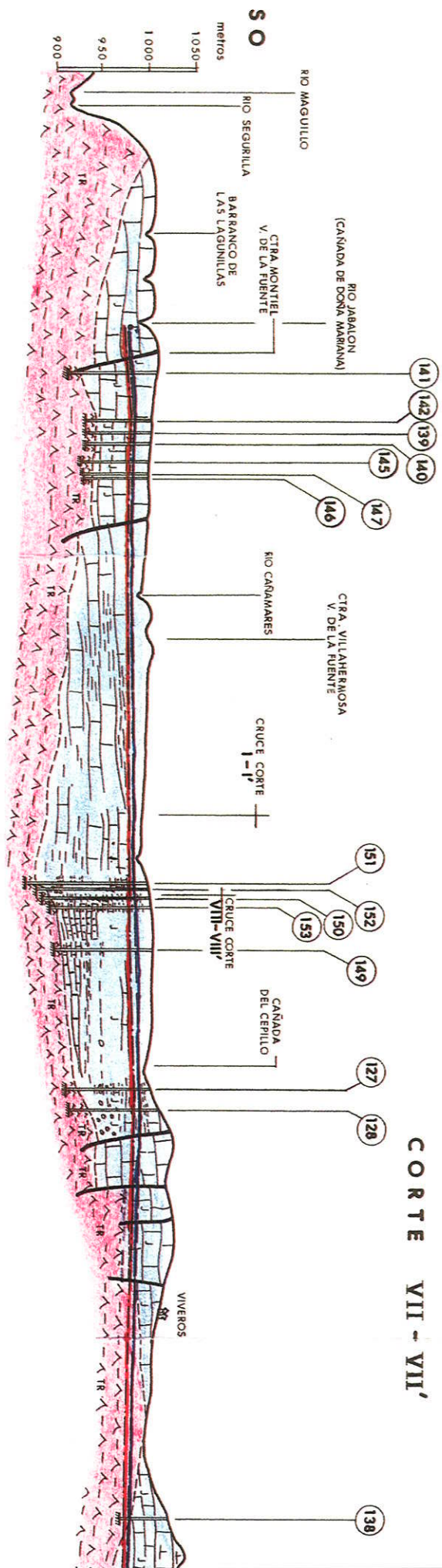
CORTE Y-Y'



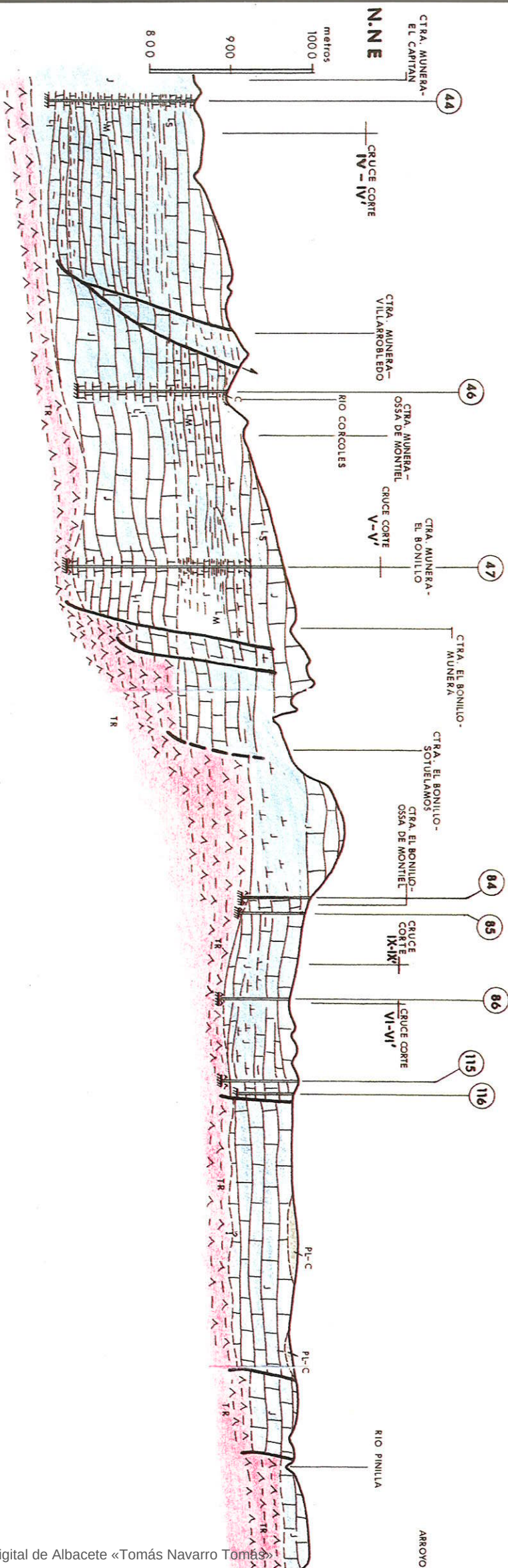
CORTE VI-VI'

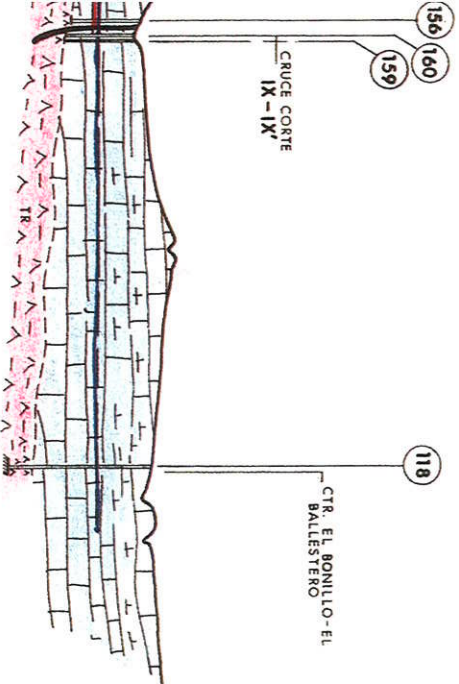




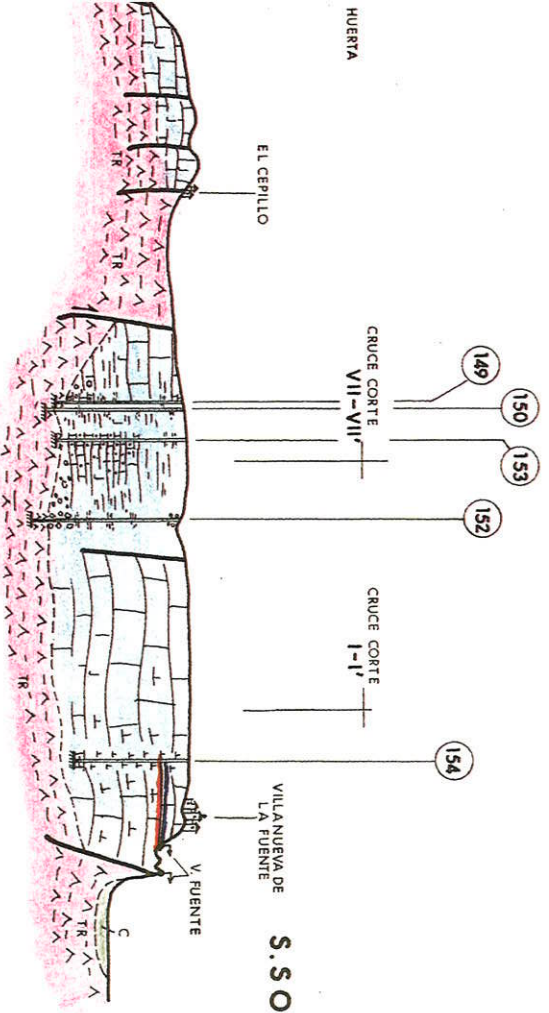


CORTE VIII - VIII'





NE



0 1 2 3 Km.

* Más hacia el este el espesor de los materiales jurásicos aumenta progresivamente, condicionado por la existencia de numerosas fracturas, algunas de gran salto, como la del río Sotuélamos.

* En la zona más oriental del corte se alcanzan espesores de más de 250 metros (área de Munera) en el Jurásico inferior (Lías), que está representado por sus tramos inferior, medio y superior.

CORTE VI-VI': Corte SO-NE, paralelo a los anteriores, que corta al valle por la laguna de La Nava y por el río Peñarrubia. Atraviesa las fincas Loma Pajarera (sondeos 96 a 88) y Ajarafe-El Guijoso (sondeos 101 a 108). Finaliza al NE en los sondeos de la zona de El Bonillo (figura 5.9).

* Se observan algunos umbrales de Triásico que reducen el Jurásico a unos 25 metros (sondeo 92 en el que además hay unos 25 metros de Terciario).

* Los espesores saturados en esta zona variaban en 1994 entre unos 60-80 metros al este (zona de El Bonillo) y unos 40 a 50 metros en la zona de las fincas de la cabecera (Ajarafe y Loma Pajarera). Hay que tener en cuenta que, pese al menor espesor del acuífero en estas zonas, la transmisividad es muy elevada.

CORTE VII-VII': Corte SO-NE, paralelo a los anteriores, aunque ya no corta el valle del Guadiana sino al río Cañamares cerca de su nacimiento. En la zona oriental el corte se dirige hacia el NNE (hacia el sondeo 118 en El Ballesterio) (figura 5.10).

* La cota del techo del Triásico no se mantiene constante puesto que, afectado por un conjunto de fallas, aflora en distintos puntos de esta zona.

* Al SO el Jurásico se apoya sobre el techo del Triásico sin contacto mecánico. A favor de este contacto de materiales permeables sobre los impermeables surgen numerosos manantiales que drenan hacia el río Jabalón.

* El espesor del acuífero en esta zona (finca Coto Camilo, sondeos 141 a 146) es de unos 60 a 85 metros (disminuyendo hacia el límite del acuífero) y el espesor saturado, en 1994, de unos 35 a 55 ó 60 metros en las zonas más profundas.

* Los manantiales se encuentran a una cota bastante elevada respecto al fondo del acuífero, por lo que se secan al descender el nivel en los pozos por debajo de los 20-30 metros. Bajo este nivel aún quedarían unos 30 a 50 metros de espesor saturado que no serían drenados.

* Hacia el este el espesor del Jurásico aumenta hasta los 100-125 metros (finca El Cuartico, sondeos 149 a 151), con espesores saturados de 70 a 80 metros en 1994. También en esta zona la estructura del acuífero hace que los manantiales (Villanueva de la Fuente, La Toba o el Arca) queden secos o disminuya su caudal cuando desciende el nivel en el acuífero.

* Más hacia el este el Jurásico está muy compartimentado por la existencia de gran número de fallas y presenta espesores mucho menores, llegando a aflorar el Triásico en la zona de Viveros.

* Pasada esta compleja zona vuelve a aumentar el espesor de Jurásico hacia el este, alcanzando los 40-50 metros en la zona de Mirones (sondeos 138 a 159) y los 100 metros en El Balletero.

CORTE VIII-VIII': Corte NNE-SSO, prácticamente paralelo al límite oriental del acuífero en la divisoria hidrológica Guadiana-Júcar (figura 5.10).

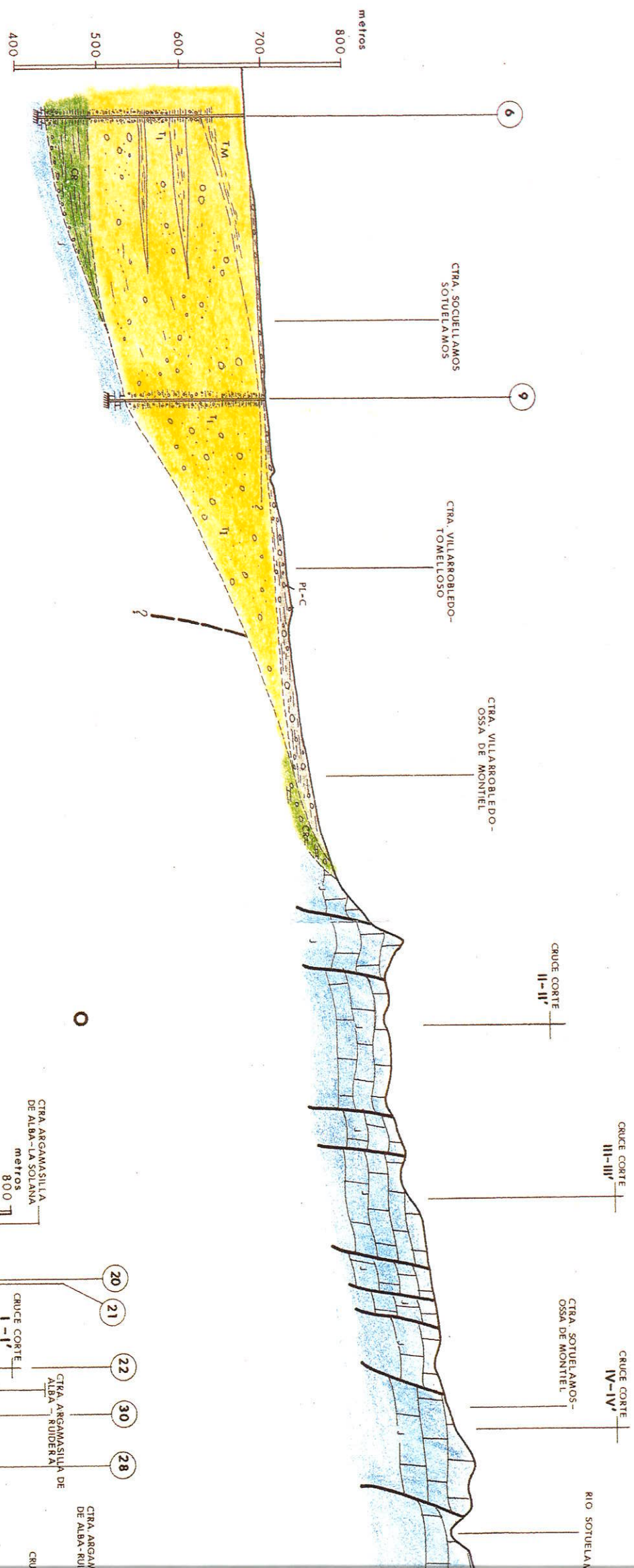
* Al igual que en el corte VII-VII' el espesor del Jurásico es muy variable, llegando a aflorar el Triásico en la zona de El Cepillo condicionado por la presencia de un gran número de fracturas.

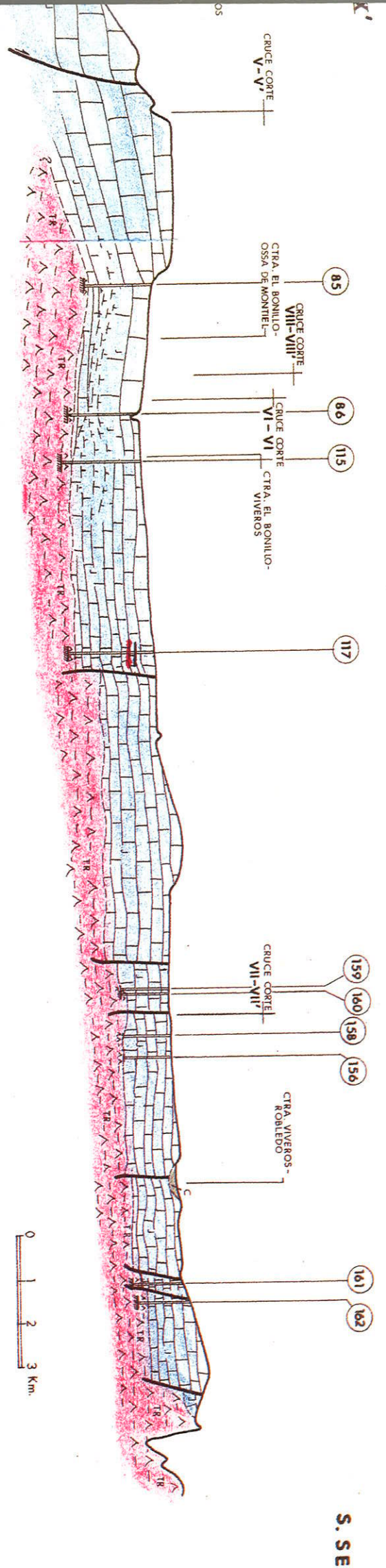
* Al sur, en Villanueva de la Fuente, aflora el Triásico que se pone en contacto con los materiales jurásicos mediante una fractura normal que buza hacia el norte. El espesor del Jurásico es de 100 a 125 metros y el espesor saturado de unos 75 metros. Como ya se indicaba anteriormente, los manantiales existentes en el contacto entre el Jurásico y el Triásico, situados a una cota muy elevada respecto al fondo del acuífero, están muy condicionados por el nivel piezométrico en el mismo. Si la profundidad del agua sobrepasa los 30-35 metros no se produce drenaje, quedando por debajo de la cota de vertido.

* Esta zona del acuífero, como se veía en el corte VII-VII', está aislada del resto por el Triásico que se extiende a lo largo de una banda orientada aproximadamente en dirección EO. A la altura de El Cepillo y hasta el río Pinilla el Triásico aflora o se encuentra poco profundo, por lo que el acuífero tiene muy escasa potencia (25 metros máximo).

* Desde el río Pinilla hacia el norte el Jurásico aumenta de potencia, con unos 80 metros hacia la zona de El Bonillo. El espesor saturado puede llegar a los 75 m (año 1994).

* En el valle del río Sotuélamos el acuífero tiene unos 100 metros de potencia (SEV 106 del I.T.G.E.).





CORTE X-X'

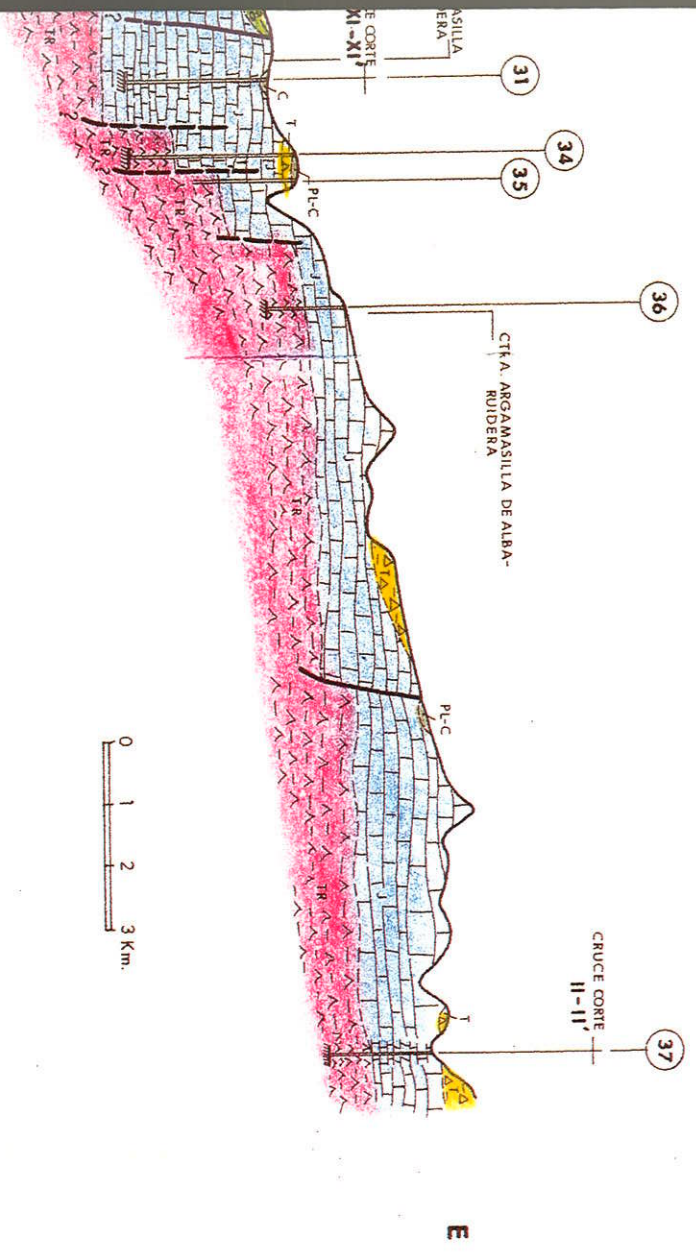


Fig. 5.11. Perfiles geológicos e hidrogeológicos IX-IX' y X-X'

* Poco más hacia el norte la existencia de varias fallas de gran salto aumentan el espesor del Jurásico hasta más de 250 metros (sondeos 47, 46 y 44) en la zona de Munera, con la presencia de Lías superior, medio e inferior.

CORTE IX-IX': Corte NNO-SSE, paralelo al corte I-I' en la zona oriental del acuífero (figura 5.11).

* Por el norte el corte empieza en la Llanura Manchega; los sondeos atraviesan materiales del Terciario inferior y medio, Cretácico en algunos puntos y Jurásico (a profundidades de 165 y 190 metros).

* Hacia el sur no disponemos de información de columnas litológicas con lo que el corte se ha trazado considerando solamente la geología superficial.

* En la zona de El Bonillo el espesor es de 75 a 80 metros, llegando a los 95 metros en el sondeo 117. Los espesores saturados alcanzan los 75 metros.

* Hacia el sur la fracturación condiciona de nuevo la potencia del Jurásico, que es de unos 50-65 metros; en 1994 los espesores saturados eran menores de 25 metros, lo que explica en parte los bajos rendimientos de los pozos en esta zona.

* En el sur afloran los materiales impermeables del Triásico mediante contacto normal, excepto en algunos puntos donde el contacto se produce por medio de fracturas.

CORTE X-X': Corte O-E que corta la Llanura Manchega y el Campo de Montiel (figura 5.11).

* El espesor del Jurásico en el Campo de Montiel es pequeño y va aumentando escalonadamente hacia el norte, donde es cubierto por el Cretácico, Terciario y Pliocuatrnario.

* Hacia el este, en el Campo de Montiel, el Jurásico, que se encuentra a mayor altitud (375 metros más alto que en la zona de los sondeos 20 y 21 situados a unos 24 kilómetros) está intensamente erosionado, con espesores de unos 50-60 metros.

* Cerca del límite con la Llanura Manchega el espesor disminuye a unos 30 metros.

* En la zona de contacto entre ambas unidades el espesor aumenta hasta 140 metros (sondeo 31); los sondeos cortan, además, materiales Pliocuatnarios y Terciarios (calizas del Terciario superior).

* Hacia el oeste los sucesivos sondeos presentan mayores espesores de Jurásico y parecen estar condicionados también por una fracturación importante de tipo distensivo puesto que el muro del Jurásico no muestra un descenso suave y progresivo, sino que existen importantes diferencias de cota en distancias relativamente cortas.

* Asimismo, hacia el oeste el Jurásico se hace más margoso, pudiendo corresponder bien al Lías medio (J-2) o bien al inferior (J-1). La presencia de tramos margosos disminuye la permeabilidad del Jurásico, lo cual se confirma con el escaso rendimiento de los pozos.

* Por encima del Jurásico aparece el Cretácico en algunas columnas de la Llanura Manchega, representado por facies arenosas, si bien parece haber sido intensamente erosionado.

* En el Campo de Montiel quedan retazos de Terciario correspondientes a un depósito muy extenso que ha sido prácticamente erosionado. En la Llanura Manchega su espesor aumenta considerablemente hacia el norte (oeste en este corte geológico).

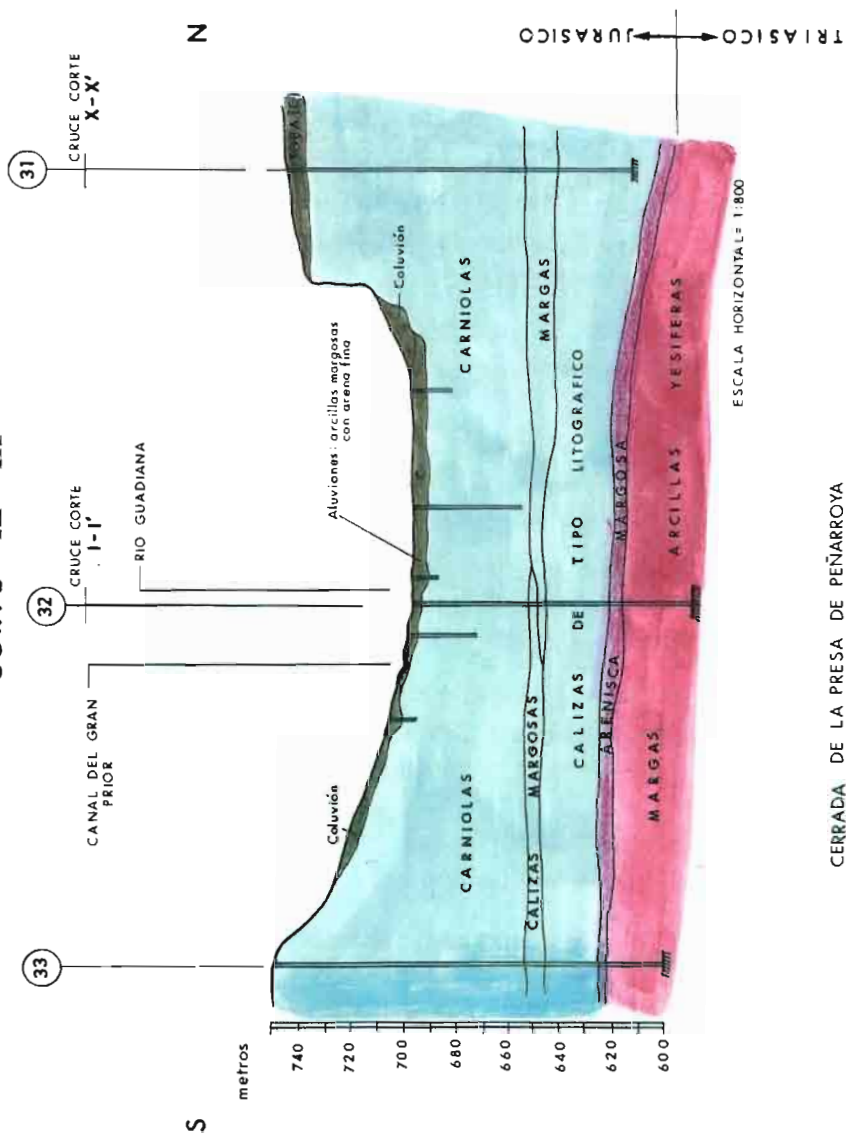
* El Pliocuatnario aumenta también de espesor hacia la Llanura Manchega, observándose en determinadas zonas aumentos significativos y cambios de pendiente que podrían estar relacionados con fracturas.

CORTE XI-XI': Corte N-S que corta la cerrada de la presa de Peñarroya antes de su construcción. Es un corte transversal de la salida del valle del Alto Guadiana o Pinilla hacia la Llanura Manchega, trazado en 1931 por la Jefatura de Sondeos de Obras Públicas (D.G.O.P. 1927, 1931a y 1931b) (figura 5.12).

* Se observa que el acuífero tiene una potencia de unos 120 m y de unos 60 m en la parte más baja del valle.

* Sobre las margas, arcillas yesíferas y areniscas margosas triásicas se encuentra el Jurásico, que en su base presenta unas calizas de tipo litográfico (compactas, duras y de color blanquecino) de unos 25 a 40 m de potencia (más potentes al norte); por encima existe un nivel de margas y calizas margosas de unos 10 metros de espesor, algo mayor hacia el norte donde cambia lateralmente de facies (al sur calizas margosas, al norte margas); por encima aparecen las carniolas.

CORTE XI - XI'



CERRADA DE LA PRESA DE PEÑARROYA
(Comisión de Estudios Geológicos, 1.931)

Fig. 5.12. Perfil geológico XI-XI'.

* Sobre el conjunto mesozoico se deposita una serie de materiales cuaternarios: coluviones, aluviones y una toba de unos 10 metros de potencia en la zona norte.

CORTE XII-XII’: Corte SO-NE, perpendicular al valle del Guadiana y que lo corta a la altura de la Laguna Colgada (figura 5.13).

* Tal como ocurre en otras zonas, la existencia de una falla inversa a lo largo del valle, en la que éste se encaja, hace subir el Triásico hacia el este donde el espesor del acuífero se reduce considerablemente.

* En la zona del sondeo 67 (Cañada La Manga) el acuífero presenta un espesor de 135 m, aunque hacia el NE (sondeos 68, 65 y 66) disminuye hasta 70 metros aproximadamente.

* Puede apreciarse el gran espesor que presentan los materiales Terciarios en esta zona, mucho mayor que en otras partes del acuífero.

CORTE XIII-XIII’: Corte SO-NE, perpendicular al valle del Guadiana (al que corta en la barra entre las lagunas Tomilla y Tinaja) y al valle de San Pedro, aguas arriba de la laguna del mismo nombre (figura 5.13).

* También aquí el espesor del Jurásico es mayor hacia el SO que hacia el NE, donde la intensa fracturación hace ascender al Triásico, que aflora en varios puntos, por lo que el acuífero tiene escasa potencia.

* El flujo lateral de agua desde el NE es inexistente, al menos en este punto, por lo que la alimentación a la laguna San Pedro desde el valle de San Pedro parece ser exclusivamente superficial.

CORTE XIV-XIV’: Corte NO-SE, longitudinal al valle del Guadiana, desde el manantial de El Ossero hasta el sondeo 126 (fig. 5.14).

* El espesor del Jurásico es pequeño hacia el NO, alcanzando como máximo los 50 metros (25-30 en los sondeos 89 y 90). Hacia el SE aumenta la potencia llegando a 80 metros en el sondeo 109, aunque el espesor del acuífero disminuye hasta 75 metros en el sondeo 126.

* El espesor saturado en el sondeo 109 era de 60 a 65 metros en 1994, mientras en el sondeo 89 era de unos 15 metros y en el 90 (S-2) de 25 metros.

* En 1994 el nivel de agua se encontraba a unos 12 metros en el sondeo 89; la Laguna Blanca, que en aquellos momentos estaba seca, tenía el agua entre 5 y 10 metros por debajo de su superficie.

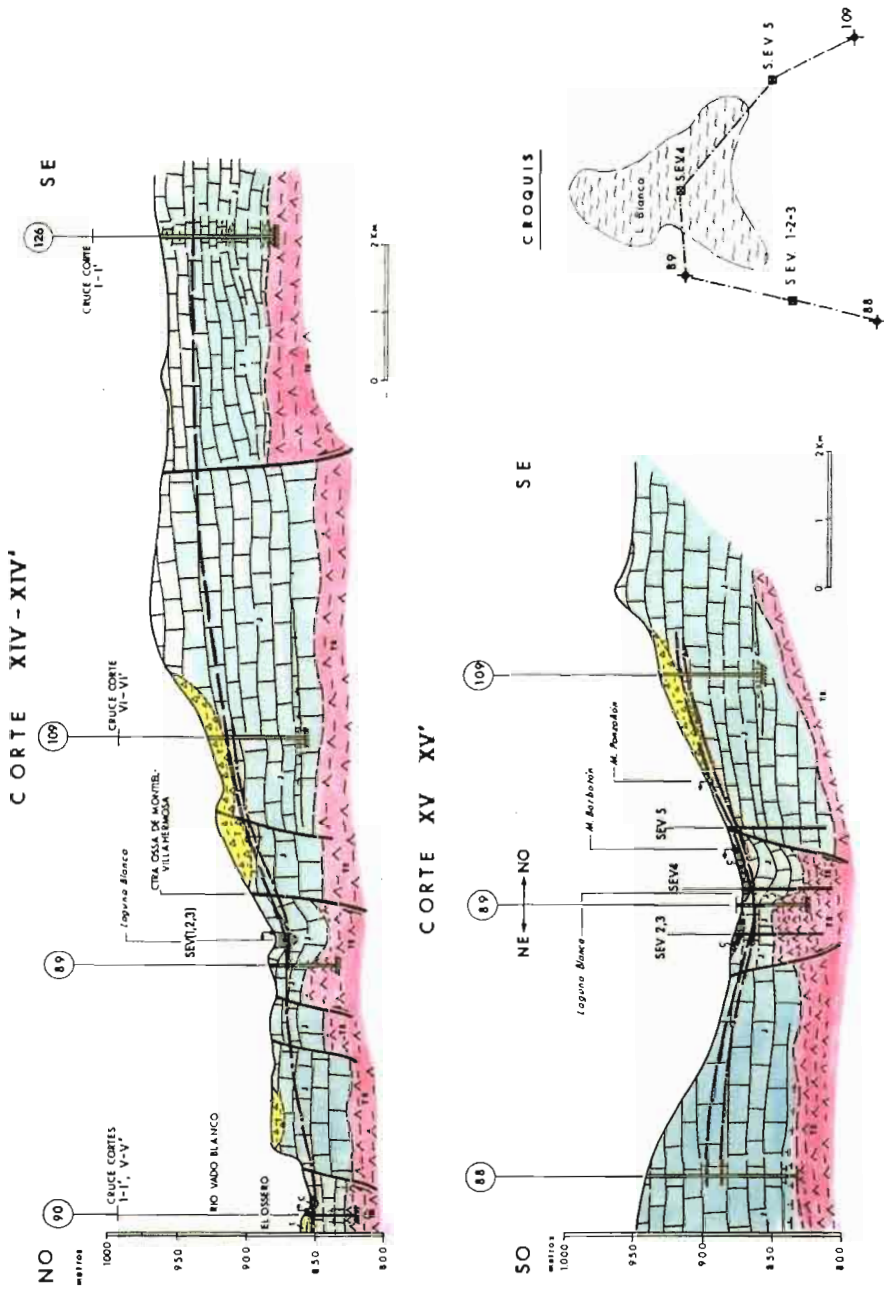


Fig. 5.14. Perfiles geológicos de hidrogeológicos XIV-XIV' y XV-XV'.

* En el sondeo 90 el nivel estaba cerca de la superficie (a unos 5 metros) condicionando, asimismo, la salida de agua por el manantial de El Ossero.

CORTE XV-XV': De orientación SO-NE y NO-SE, corta la laguna Blanca con dos ángulos distintos hacia sus dos cabeceras (arroyo de la Nava y río Peñarrubia) (figura 5.14).

* El espesor del acuífero es de unos 120 metros, disminuyendo bajo la laguna, donde el Triásico sube a favor de una falla inversa.

* El flujo se produce desde los lados hacia la laguna; como ya hemos indicado, en 1994 el nivel del agua estaba entre 5 y 10 metros por debajo de la misma.

5.2.2. GEOMETRÍA DEL BASAMENTO DE LAS LAGUNAS DE RUIDERA

En mayo de 1990 el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas emprendió la perforación de 18 sondeos de investigación a rotación a lo largo del valle del Guadiana Alto, donde se ubican las Lagunas de Ruidera, en cuya planificación colaboramos y cuyos testigos fueron puestos a nuestra disposición para la realización de la Tesis Doctoral.

5.2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS LITOLÓGICAS

La mayor parte de los sondeos (14) se realizaron sobre las barras travertínicas que separan unas lagunas de otras, perforándose el resto (4) a los lados de dichas barras, siendo emboquillados bien en Terciario o bien en Jurásico (fig.5.15):

- nº 89 (S-1): en el margen izquierdo de la Laguna Blanca; perforó las calizas y dolomías jurásicas.
- nº 90 (S-2): en el manantial de El Ossero; se llevó a cabo sobre materiales terciarios y jurásicos.
- nº 76 (S-4): en la barra travertínica entre las lagunas Tomilla y Tinaja.
- nº 77 (S-5): en la barra travertínica entre las lagunas Tinaja y San Pedro, en el paraje denominado “La Mina”.
- nº 78 (S-6): en la cabecera de la laguna San Pedro, en el valle de San Pedro.

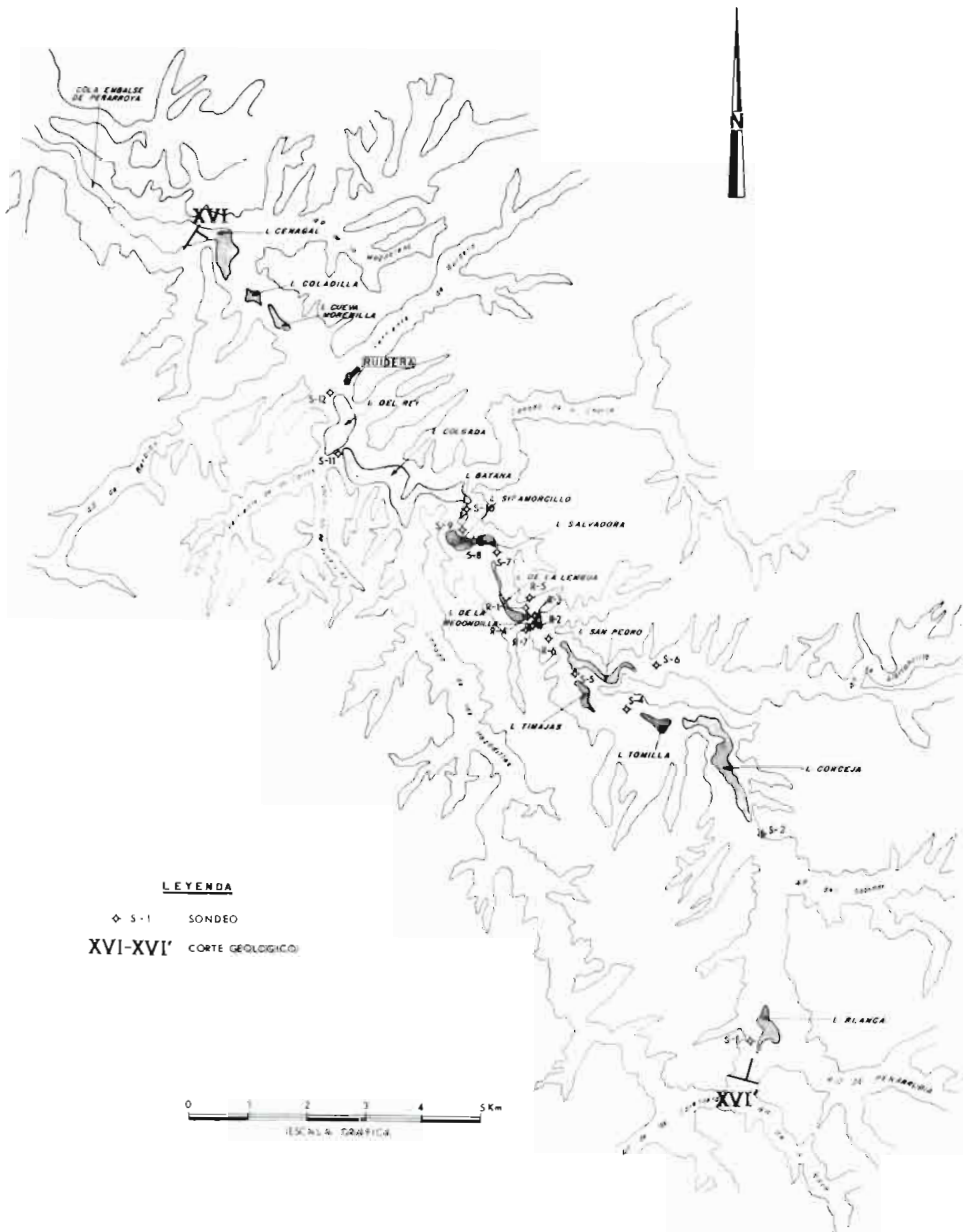


Fig. 5.15. Situación de los sondeos con columna litológica en el valle del Guadiana.

- nº 74 (R-6): en la barra entre las lagunas San Pedro y Redondilla.
- nº 69-72 (R-1 a R-4): en la barra entre las lagunas Redondilla y Lengua.
- nº 73 y 75 (R-5 y R-7): en los laterales de la barra entre las lagunas Redondilla y Lengua; el primero perforó materiales terciarios y jurásicos y el segundo, además, cuaternarios.
- nº 58 (S-7): en la barra entre las lagunas Lengua y Salvadora.
- nº 59 (S-8): en la barra entre las lagunas Salvadora y Santo. Morcillo.
- nº 60 (S-9): en la barra entre las lagunas Santo Morcillo y Batana.
- nº 61 (S-10): en la barra entre las lagunas Batana y Colgada.
- nº 62 (S-11): en la barra entre las lagunas Colgada y del Rey.
- nº 63 (S-12): en la barra entre la laguna Del Rey y las lagunas Bajas; en las proximidades del paraje del Hundimiento.

En síntesis, la columna tipo atravesada en la mayoría de las barras consta, desde superficie, de un tramo de materiales travertínicos cuya potencia oscila entre 21 y 54 metros; un tramo de calizas jurásicas con potencias de 0 a 19 metros y, por último, las arcillas, margas y yesos del Triásico superior (Keuper), al alcanzar los cuales se suspende la perforación. En tres de las columnas aparecen a techo fragmentos de calizas o conglomerados calcáreos con matriz arcillosa que hemos atribuido al Terciario por su semejanza con la facies de brechas y limos rojos descrita por el I.T.G.E. (1990b).

En la figura 5.16 se presenta como ejemplo la columna del sondeo S-8.

Básicamente, las características de cada uno de estos tramos son los siguientes:

Triásico

La base de todas las columnas está constituida por materiales correspondientes a la facies Keuper del Triásico, si bien en alguna de ellas (sondeo nº 58 (S-7), barra Lengua-Salvadora) tan sólo se ha encontrado lo que parece el tránsito entre el Triásico y el Jurásico.

Se trata fundamentalmente de arcillas, margas y yesos, predominando unos u otros en función de la columna (fig. 5.17). En los sondeos 89 (S-1), 90 (S-2), 76 (S-4) y 77 (S-5) sólo aparecen yesos masivos y en menor medida microcristalinos, con potencias que oscilan entre los 6 y los 19 metros. Son numerosas las columnas en las que el Triásico está representado por arcillas rojas, grises o verdes con yesos, los cuales pueden aparecer también como nódulos o bolos envueltos en la matriz arcillosa o en niveles definidos. En otras columnas se dan niveles o tramos más margosos, alternando con yesos y/o con arcillas.

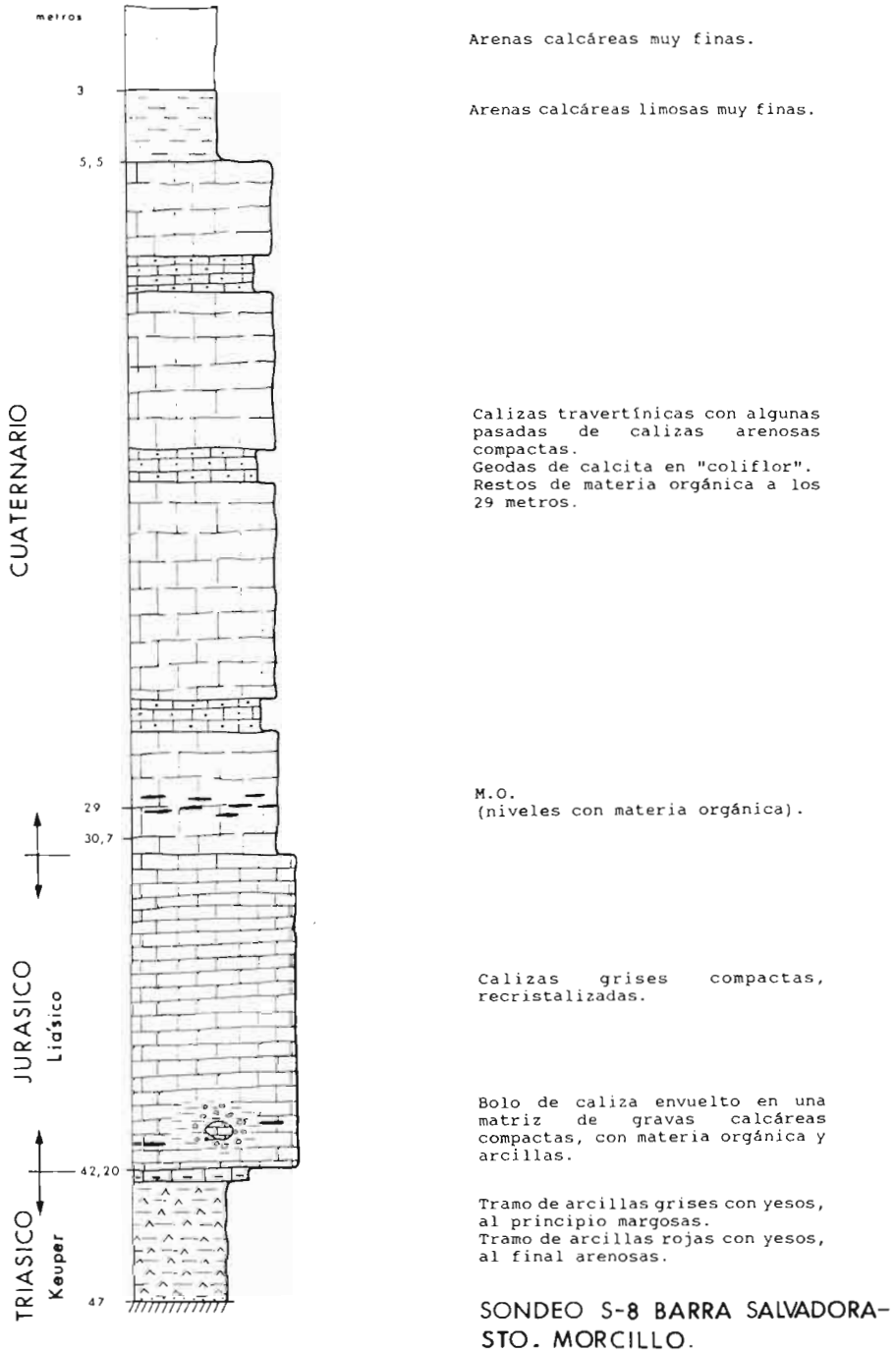


Fig. 5.16. Columna tipo.



Fig. 5.17. Foto de caja de sondeo (Triásico).

Jurásico

Aparece en la mayor parte de los puntos investigados a excepción de los sondeos 71 (R-3), 76 (S-4), 77 (S-5) y 58 (S-7). En el resto, las potencias son variables: desde los 0,3-0,44 metros de los sondeos 61 (S-10) y 72 (R-4), a espesores que oscilan entre 7 y 19 metros en columnas en las que hay depósitos travertínicos cuaternarios por encima, y desde 26 a más de 43 metros en aquellas perforadas directamente en el Jurásico.

Se trata de materiales calcáreos (fig.5.18), distinguiéndose varios tipos que se repiten en la mayor parte de las columnas:

- Caliza compacta o muy compacta y muy dura, de colores grises y cremas, en algunos casos recristalizada. En ocasiones presenta recristalizaciones de calcita en planos de fracturación y en huecos, en forma de geodas o de laminillas en “tela de araña”. A veces se encuentra muy fracturada y fragmentada
- Caliza menos compacta y más recristalizada que la anterior, de colores rosas, anaranjados y rojizos, conocida como “carniola”. Presenta mayor carstificación, en ocasiones con grandes huecos, que pueden estar rellenos de calcita. Pueden estar muy fracturadas y fragmentadas, con zonas de alteración asociadas. Abundan las arcillas rojas de decalcificación rellenando huecos.

Con menor frecuencia aparecen también:

- Calizas arenosas con aspecto de brecha de tonos amarillentos.
- Margo-calizas compactas.
- Margas y arcillas de colores variados: grises, rojas y verdes.
- Brecha calcárea de tonos amarillentos, rojizos y granates con venas de recristalización, geodas y matriz arenosa.
- Arenas de grano fino con cantos de caliza, de tonos amarillentos y rojos.

En varias columnas aparecen en la base del Jurásico materiales en tránsito con el Triásico, representados por:

- Amalgama de margas y bolos de calizas y margas yesíferas.
- Margas yesíferas verdes o granates con cantos de caliza roja muy porosa (carniola).
- Bolos redondeados de calizas variadas, empastados en una masa arcillosa.



Fig. 5.18. Foto de caja de sondeo (Jurásico).

Terciario

Tres de los sondeos fueron perforados sobre materiales terciarios que aparecen con potencias variables a los lados del valle. En un principio no fueron reconocidos como tales en superficie ya que por su composición se asemejan y presentan el mismo aspecto que los materiales jurásicos. En el trabajo realizado por el I.T.G.E. en 1990 (b) se les denomina facies de brechas y limos rojos y ya se comenta la posibilidad de que estén presentes en más afloramientos que los representados en la cartografía.

Nosotros los hemos localizado en los sondeos 73 y 75 (R-5 y R-7) situados a ambos lados de la laguna Redondilla y en el 90 (S-2) ubicado junto al manantial de El Ossero, con potencias entre 4,30 y 9,70 metros.

Los materiales testificados constan de:

- Gravas de calizas rojas dentro de una matriz de arcillas rojas de decalcificación.
- Conglomerado de calizas de cantos centimétricos con matriz arcillosa.
- Fragmentos de calizas cristalinas recrystalizadas (carniolas) de tonos rojos.
- Alternancia de calizas grises de grano fino en bolos redondeados de tamaño puño y calizas rosadas recrystalizadas en fragmentos más pequeños y angulosos.

Cuaternario

Los depósitos cuaternarios en todas las columnas tienen una génesis travertínica asociada a las Lagunas de Ruidera. Las potencias perforadas varían entre 21 y 53,4 metros.

Dentro de los materiales cuaternarios se distinguen dos conjuntos, ambos calcáreos, de características diferentes: calizas travertínicas propiamente dichas y arenas y gravas de diversos tamaños, procedentes de la desintegración y disolución de las primeras (fig.5.19).

- Calizas travertínicas. Pueden caracterizarse por presentar:
 - Pequeñas recrystalizaciones marrones con aspecto botroidal en oquedades.
 - Oxidación en los poros.
 - Diversos grados de porosidad, pudiendo ser compactas y microcristalinas.

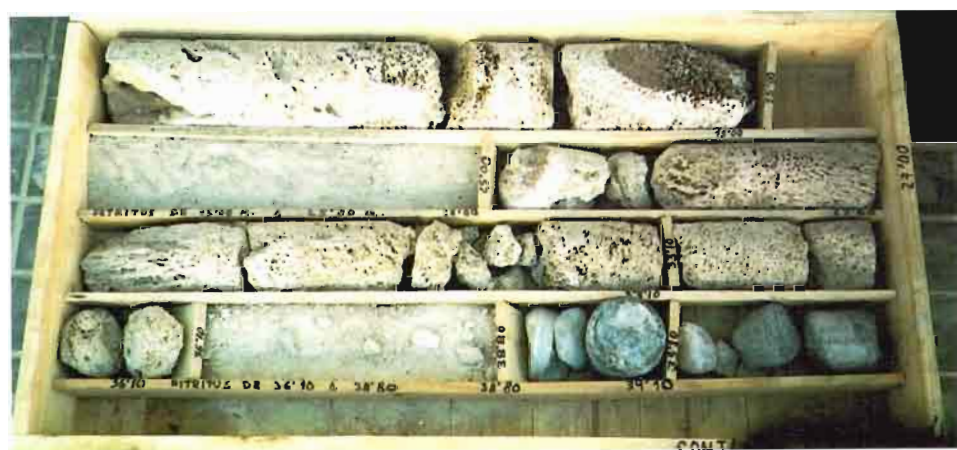


Fig. 5.19. Foto de caja de sondeo (Cuaternario).

- Tramos de caliza arenosa compacta.
 - Otros tramos han perdido el aspecto tobáceo, si bien en ciertas zonas muestran laminaciones propias de génesis travertínica.
- Arenas. Son de diversos tamaños:
- Arenas de grano grueso que pueden presentar pequeños cantos.
 - Arenas de grano medio de colores crema, anaranjado o amarillento-tostado.
 - Arenas de grano fino que en ocasiones muestran cantitos de caliza.
 - Arenas de grano muy fino, pulverulentas.
 - Arenas de grano muy fino, limosas, de tamaño de grano irregular y que presentan adherencia.
- Gravas y bolos:
- Gravas calcáreas con bolos de hasta 5 cm.
 - Bolos de caliza que, a veces, presentan fracturillas en las que progresa cierta alteración, o con margas yesíferas verdosas.
- Cuevas, con ausencia de testigo.

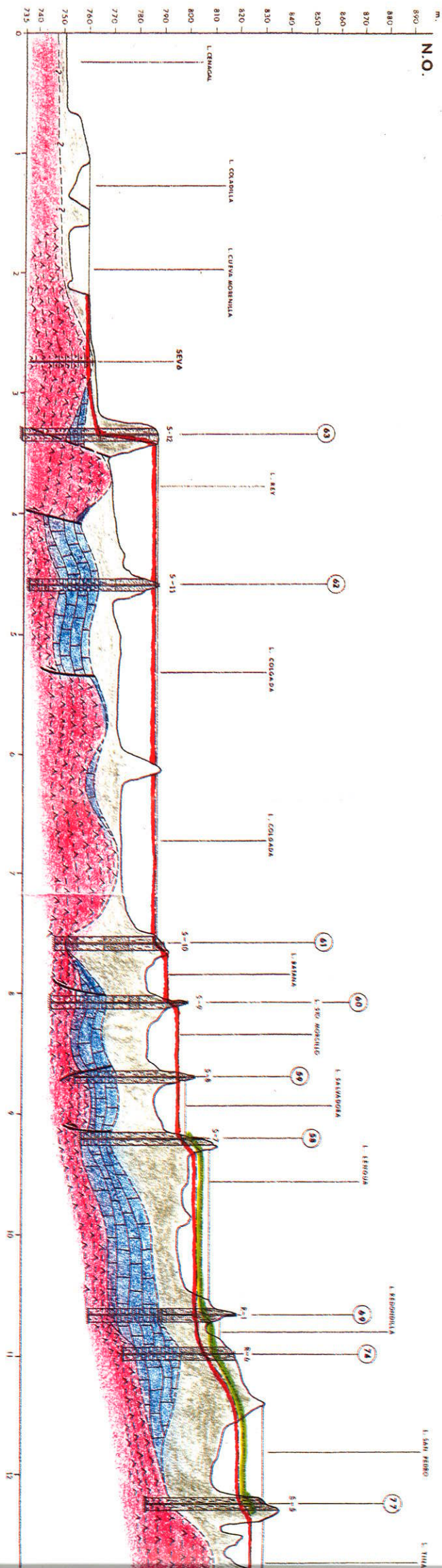
5.2.2.2. *CORTES GEOLÓGICOS*

La figura 5.20 representa un corte longitudinal (XVI-XVI') del valle del Guadiana Alto en dirección NO-SE, que abarca todo el conjunto lagunar desde la primera, Laguna Blanca, a la última, Cenagal, antes del encauzamiento del valle hacia la cola del embalse de Peñarroya. La traza de dicho corte se muestra en la figura 5.15.

El corte topográfico se ha realizado en base al estudio batimétrico efectuado por la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA en 1989, cuyo fin fue conocer la profundidad de las Lagunas de Ruidera.

Sobre el corte topográfico hemos dibujado esquemáticamente la información proporcionada por las columnas litológicas obtenidas en los sondeos de investigación. Se han representado sin detalles los travertinos cuaternarios, las calizas jurásicas y el basamento triásico impermeable. También se han plasmado los niveles de agua medidos en distintas fechas significativas en los piezómetros situados en las barras travertínicas y en las lagunas San Pedro, Redondilla y Lengua.

CORTE XVI - XVI'



ESCALA VERTICAL
ESCALA HORIZONTAL

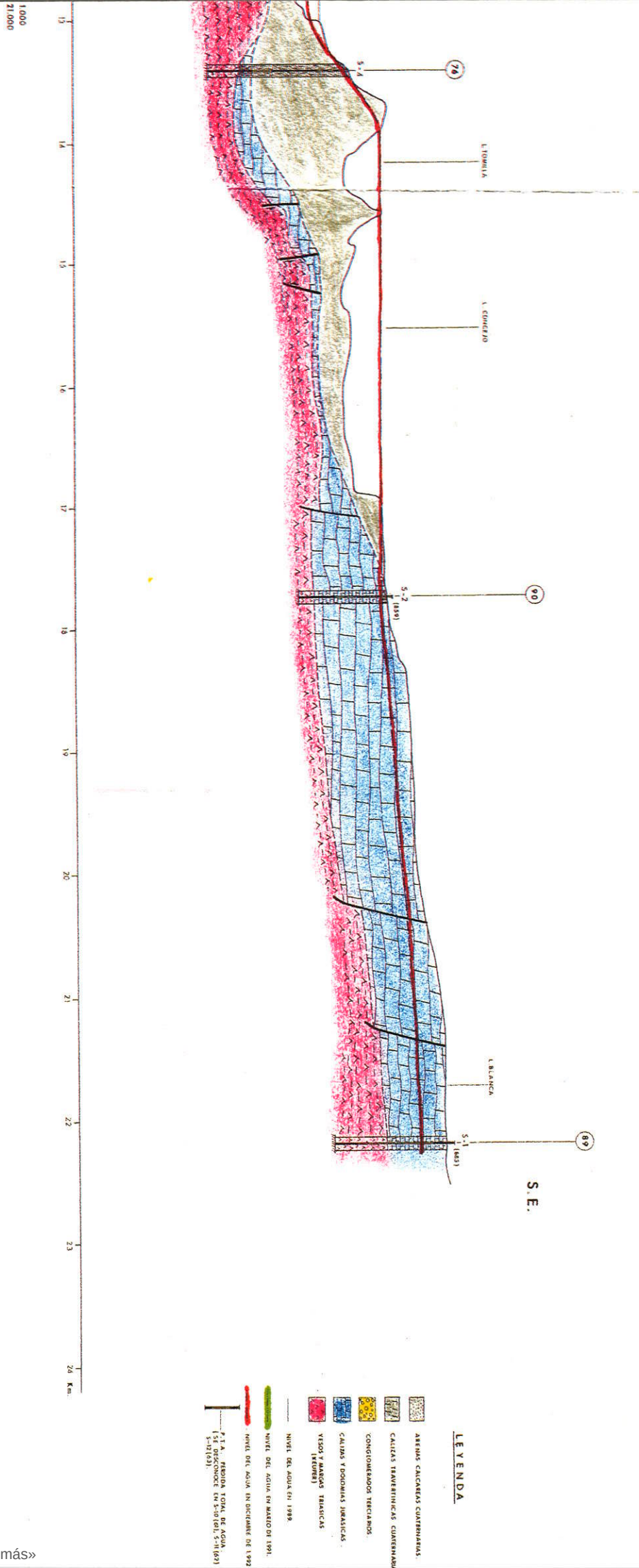


Fig. 5.20. Perfil geológico e hidrogeológico longitudinal del valle de las Lagunas de Ruidera

Además de los datos de los sondeos, para la interpretación geológica del corte nos hemos basado en la cartografía a escala 1:100.000 realizada por el I.T.G.E. en 1990 (b), en las observaciones realizadas por nosotros en el campo, con las cuales completamos dicho mapa y en los resultados obtenidos en seis sondeos eléctricos verticales que realizamos en los alrededores de la Laguna Blanca y en la estación de aforos de La Cubeta, cuyo análisis detallado se muestra en el apartado 5.2.1. (límites del acuífero).

Por otra parte, se ha realizado un corte transversal en la barra de la laguna Redondilla con los datos de 6 sondeos: 4 en la propia barra y 2 en los laterales que cortan materiales terciarios y jurásicos. Este corte se amplió exageradamente en la vertical para poder observar en detalle los cambios litológicos entre los distintos sondeos (figura 5.21).

El análisis de ambos cortes, junto a los realizados para el resto del acuífero que cortan longitudinal (I-I') y transversalmente el valle de las Lagunas de Ruidera (III-III', IV-IV', V-V', XII-XII', XIII-XIII', XIV-XIV' y XV-XV') conduce a las siguientes consideraciones:

1. El basamento triásico impermeable no se encuentra inmediatamente debajo del fondo de las lagunas en contra de las hipótesis barajadas hasta ahora. En el fondo del valle el acuífero está constituido por materiales cuaternarios y jurásicos, encontrándose el Triásico superior en los sondeos a profundidades que varían entre 26 y 54 metros.

2. Cuaternario y Jurásico presentan potencias variables a lo largo del perfil, con predominio de uno u otro en los distintos puntos. Los máximos espesores de Jurásico se han detectado en las columnas de los sondeos 89 (S-1) y 90 (S-2), situados en la cabecera del valle y emboquillados en Jurásico y Terciario (26,5 y 24 metros, respectivamente) y en los sondeos 73 y 75 (R-5 y R-7), situados en los laterales de la barra que separa las lagunas de Redondilla y Lengua (32 y 22 metros, respectivamente). Prescindiendo de estos puntos ubicados fuera de la zona de sedimentación cuaternaria, se observa que el único sondeo en el que no aparece Jurásico es el 77 (S-5), el sondeo 61 (S-10) presenta menos de medio metro y en el resto de las columnas el espesor de carbonatos jurásicos atravesados varía entre 4 y 19 metros. Esto parece indicar que la sedimentación cuaternaria va aparejada de la erosión de los materiales jurásicos, mayor cuanto más cerca del eje del valle.

3. El techo del Triásico superior muestra una inclinación general hacia el noroeste, pasando de unos 855 metros de cota en el sondeo situado más al sureste a unos 750 metros en el sondeo que se encuentra en el extremo noroeste. Dicha inclinación no es constante, presentando numerosas irregularidades, ondulaciones y abombamientos. Éstas se deben a los abundantes

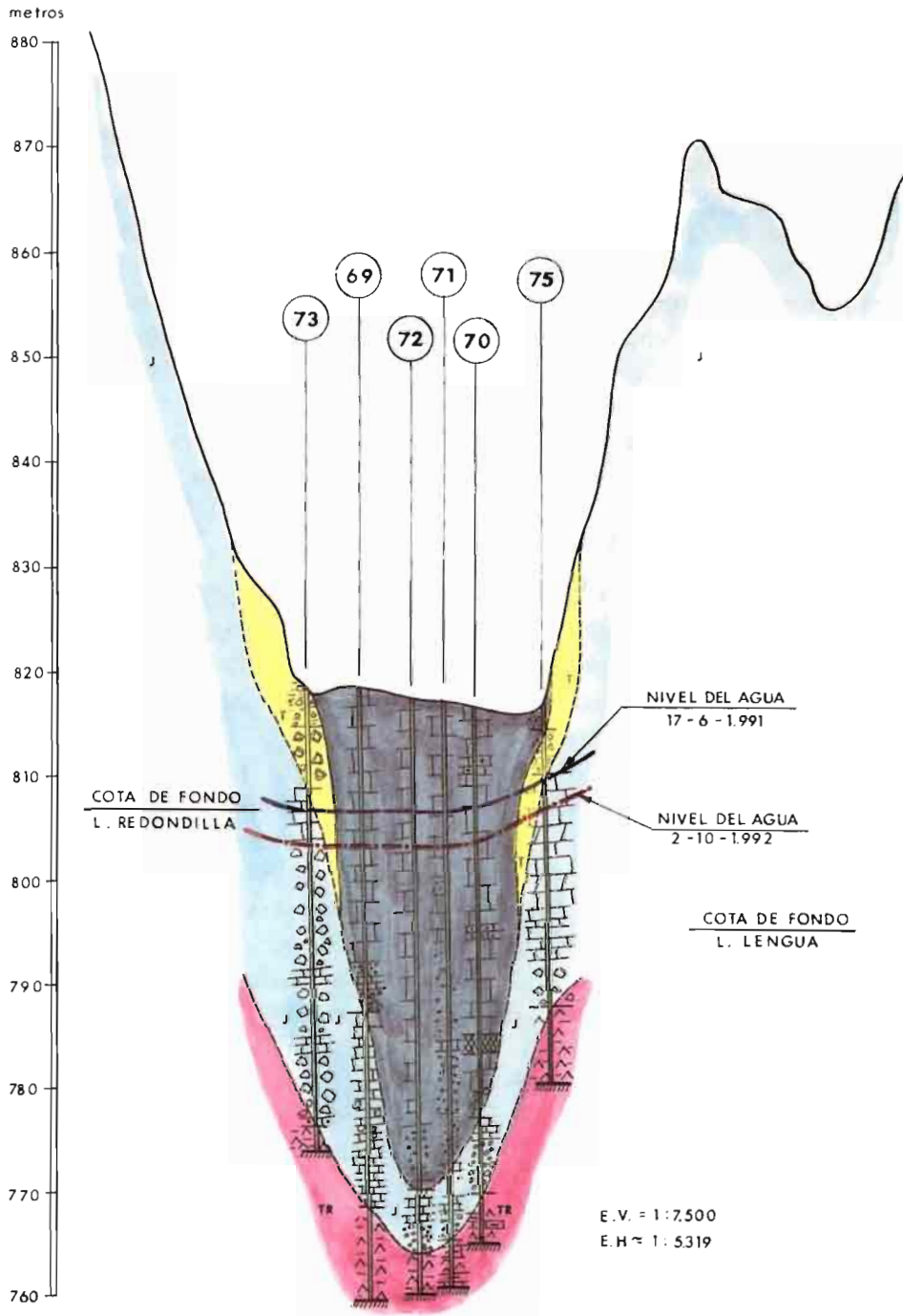


Fig. 5.21. Detalle transversal de la barra de la Laguna Redondilla.

pliegues y fracturas que afectan fundamentalmente a la zona del valle, y que han sido representados en las últimas cartografías, ampliándose sus efectos como consecuencia de las deformaciones plásticas propias de la facies Keuper.

Debemos resaltar la existencia de diversas fallas inversas que elevan el Triásico superior en determinadas zonas y que condicionan el sistema de flujo entre las lagunas:

- La más importante es la fractura de dirección NO-SE a lo largo de la cual se asientan las lagunas Colgada, Del Rey y las tres lagunas bajas. Esta falla, que el perfil XVI-XVI' (fig. 5.20) corta en diversos puntos, levanta el bloque situado al noroeste, elevando el Triásico superior. Por esta razón, son numerosos los afloramientos de yesos y arcillas triásicos en la margen derecha de las lagunas antes citadas, mientras en la margen izquierda solo aflora el Jurásico. Los sinclinales y anticlinales, que son cortados transversalmente por esta fractura, deforman también los materiales mesozoicos elevando el "Keuper" en los anticlinales. Todos estos factores favorecen el levantamiento del fondo impermeable del acuífero bajo las lagunas citadas, lo cual tiene importantes implicaciones hidrogeológicas como veremos posteriormente. Los cortes geológicos longitudinales XVI-XVI' (fig. 5.20) y I-I' (fig. 5.7) y los transversales III-III' (fig. 5.8) y XII-XII' (fig. 5.13) muestran claramente esta situación además de la disminución del espesor del acuífero en la margen derecha, que pasa de más de 130 metros al oeste del valle a menos de 25 metros al este.
- En el sector situado entre la Laguna de San Pedro y Ossa de Montiel existe también un conjunto de fracturas de direcciones NO-SE, y en menor medida NE-SO, que deforman notablemente los materiales mesozoicos haciendo aflorar no sólo el Triásico superior en diversos puntos sino también el Paleozoico en la ermita de San Pedro. Este hecho está representado en los cortes IV-IV' (fig. 5.8) y XIII-XIII' (fig. 5.13) donde puede apreciarse la escasa potencia del acuífero en esta zona.
- La Laguna Concejo se ha encajado también sobre una fractura de dirección NO-SE, que el perfil XVI-XVI' (fig. 5.20) corta en tres ocasiones y que hace aflorar el Triásico hacia el noroeste en la cabecera de la Laguna de San Pedro.

- El resto de las lagunas se disponen siguiendo una alineación NO-SE y, aunque no hay otros indicios superficiales de la existencia de una fractura en la zona, las numerosas fallas que presentan dicha orientación en la banda Carrizosa-Ossa de Montiel parecen confirmar que el sistema lagunar se ha encajado aprovechando la debilidad de planos de fractura en dicha dirección. La nitidez con la que se ha producido este encajamiento en los materiales mesozoicos (jurásicos y triásicos) se aprecia en los cortes transversales al valle del Guadiana (III-III', IV-IV', V-V', XII-XII', XIII-XIII', XIV-XIV', figs. 5.7, 5.8, 5.13 y 5.14) y en el detalle transversal de la barra de la laguna Redondilla (fig. 5.21).
- Como ya hemos mencionado con anterioridad, se han cartografiado (I.T.G.E., 1990b) gran número de pliegues de pequeño radio con estructuras muy apretadas cuya individualización es dificultosa. En la zona de la laguna Colgada se han observado gran cantidad de pliegues que presentan una dirección ENE-OSO y que son potenciados por la deformación plástica del Triásico superior. A partir de la Laguna Lengua los pliegues cartografiados tienen una dirección NO-SE, paralela a la de la fracturación principal; son de especial relevancia en el sistema lagunar el anticlinal sobre el que se asienta la Laguna Tinaja y el sinclinal existente bajo la barra travertínica que separa las lagunas Tomilla y Tinaja.

4. La litología de los materiales cuaternarios presenta variaciones transversales en las barras, como se observa en la figura 5.21. Se aprecian variaciones litológicas entre los sondeos, siendo de especial interés la presencia de materiales detríticos en el cuaternario basal, especialmente en la zona oriental del corte (margen derecho de las lagunas) y que adquieren mayor potencia en el sondeo nº 71 (R-3) donde aparecen 21 metros de arenas. Asimismo, se observa el ligero hundimiento de la cobertera mesozoica a favor de la ya mencionada zona de fractura y el encajamiento del río en la misma con la consiguiente sedimentación cuaternaria.

6. HIDROGEOLOGÍA

El conocimiento de los límites y geometría del Campo de Montiel supuso la base de la investigación sobre el funcionamiento hidrogeológico del acuífero y su relación con el sistema de flujo de las Lagunas de Ruidera. Sobre los cortes geológicos descritos en el capítulo anterior se superpuso la información hidrogeológica obtenida a lo largo del tiempo de estudio. Se ubicaron los manantiales inventariados, los niveles piezométricos medidos en dos de las campañas de control y los niveles en algunas de las lagunas.

El análisis de la hidrogeología general del acuífero y de las lagunas se ha realizado por separado puesto que la complejidad del sistema de flujo en estas últimas lo hacía necesario.

6.1. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO

SÍNTESIS HIDROGEOLÓGICA

El Campo de Montiel constituye la unidad hidrogeológica 04-06 de las definidas por el SERVICIO GEOLÓGICO y el INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA en 1990, siendo también denominado acuífero 24 según la terminología usada en el Mapa Hidrogeológico de España editado por el I.G.M.E. en 1971(b y c).

La unidad está formada por un conjunto calcodolomítico del Jurásico inferior (Lías) caracterizado por su homogeneidad litológica pese a los cambios laterales de facies. Estructuralmente se trata de una plataforma subhorizontal con topografía ondulada y potencias muy variables que pueden alcanzar cerca de los 300 metros en la zona oriental o al norte de Ossa de Montiel, si bien el espesor medio en el centro del acuífero es de 75 a 100

metros. La base de la unidad hidrogeológica la constituyen los materiales impermeables del Triásico superior, formados fundamentalmente por arcillas y evaporitas (facies Keuper), que afloran al oeste, sur y sureste de la misma.

La altitud media es de 800 a 1000 metros, siendo las máximas elevaciones de 1082 y 1062 metros, lo que acentúa las diferencias climáticas con la Llanura Manchega que se encuentra más deprimida.

Se trata de un acuífero libre con una extensión de unos 2.575 km², cuyos límites están claramente definidos por el oeste y por el sur, no así por el este y por el norte:

– **Límite occidental:** presenta una dirección NO-SE y se extiende entre las poblaciones de Manzanares y Santa Cruz de los Cañamos. Las calizas y dolomías del Jurásico se ponen en contacto con las arcillas y yesos del Triásico superior, en algunas zonas mediante fracturas.

– **Límite meridional:** sigue una dirección NE-SO desde las proximidades de Albaladejo hasta Robledo. El acuífero está delimitado también en esta zona por los materiales impermeables de las facies Keuper, predominando los contactos de tipo mecánico principalmente hacia el sureste, hasta donde llegan las estribaciones de la Sierra de Alcaraz (límite norte de la Cordillera Bética).

– **Límite oriental:** es el peor definido debido a su mayor complejidad geológica. Hemos considerado la delimitación histórica del acuífero a lo largo de la divisoria hidrológica de las cuencas del Guadiana y del Júcar, que sigue una dirección NNE-SSO. Geológicamente no se establece interrupción por lo que en I.T.G.E. (1990b) desplazan el límite más hacia el este, con una orientación NO-SE, siguiendo la alineación Munera-Tiriez; se trata en este caso de un contacto tectonizado definido por numerosas fallas inversas que, en su interpretación, ponen en contacto materiales mesozoicos permeables sobre materiales post-jurásicos de baja permeabilidad y cuya discusión se realizó en el apartado 6.1.1.

Nos hemos extendido algunos kilómetros hacia el este de la ya mencionada divisoria superficial debido a la indefinición del límite y al desconocimiento de la situación de la divisoria subterránea puesto que el presente estudio se ha centrado fundamentalmente en la cuenca del Guadiana.

– **Límite septentrional:** con una orientación NE-SO se extiende desde Manzanares hasta la zona comprendida entre Munera y Minaya. En este caso tampoco puede hacerse una delimitación neta ya que las calizas y dolomías del Campo de Montiel presentan en esta zona una serie de fracturas normales que hunden los bloques jurásicos hacia el norte, donde están cubiertos por los materiales terciarios de la Llanura Manchega. El contacto

entre ambos materiales es fosilizado en esta zona por un conjunto de glaciis pliocuaternarios que mantienen prácticamente oculta dicha fracturación.

El clima de la región es de tipo continental con veranos secos y calurosos e inviernos fríos y relativamente lluviosos.

La temperatura media anual es de 14°C y las temperaturas extremas de 42°C (máxima) y -17°C (mínima). La temperatura media del mes más cálido es de 34°C y la del mes más frío de -1°C , siendo la duración de la estación libre de heladas de 4 a 5 meses.

Las precipitaciones, con una media de 450 mm/año, están muy desigualmente repartidas, siendo más frecuentes en otoño y primavera y presentando estiajes muy acusados. Por otra parte, la mitad meridional del acuífero es sensiblemente más húmeda que la mitad norte.

Las extremas temperaturas, en invierno y verano, y la escasez de lluvias dan origen a una evapotranspiración muy acentuada. La ETP (Thornthwaite) alcanza los 700-800 mm/año y la ETR equivale al 85-95% de la precipitación anual.

La única fuente de recarga del acuífero es la precipitación que cae directamente sobre él.

La descarga se produce a través de manantiales que surgen bien en el contacto entre los materiales permeables del Jurásico y los impermeables del Triásico, bien en zonas donde existe un contraste de permeabilidades dentro de la serie jurásica o bien cuando la topografía corta al nivel freático. Los manantiales se sitúan fundamentalmente en los bordes oeste y sur del acuífero o se hallan inmersos dentro del mismo. En todos los casos dan lugar a ríos que vierten hacia tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Guadalquivir (ríos vertientes hacia el sur) y Júcar (ríos vertientes hacia el este). En general, la red de drenaje está poco desarrollada y presenta un encajamiento casi constante en todos los valles por la presencia del nivel de base. Se observan valles encajados que se asemejan a cañones cársticos y pequeñas cabezas cársticas de poco desarrollo (ROIZ GARCÍA, 1977). Los ríos se adaptan a los sistemas de fracturación y diaclasamiento mostrando varias direcciones principales: NO-SE (110° - 130° N) y NE-SO (60° - 80° N) y otra, de menor importancia, aproximadamente N-S (I.G.M.E., 1988c).

Los principales cursos fluviales son Guadiana Alto o Pinilla, Azuer, Cañamares, Jabalón, Córcoles y Sotuélamos en la cuenca del Guadiana y Lezuza y Jardín en la cuenca del Júcar; en la del Guadalquivir los ríos presentan una menor entidad, destacando entre otros el de Villanueva de la Fuente, que nace en el manantial del mismo nombre. Al norte, en la zona de contacto con la Llanura Manchega, no existe ningún curso fluvial bien definido sino

numerosos arroyos que sólo llevan agua en momentos de intensas precipitaciones, como en las tormentas estivales.

Las salidas más importantes del sistema se producen hacia la Cuenca Hidrográfica del Guadiana.

En base a la cartografía existente, principalmente la del MAGNA a escala 1:50.000 y el Mapa Geológico a escala 1:100.000 del I.T.G.E. (1990b), podemos considerar tres tipos de materiales con distinto comportamiento hidrogeológico en función de su permeabilidad.

– **Materiales permeables:** ocupan la mayor parte del Campo de Montiel. El principal acuífero es el formado por las calizas y dolomías del Jurásico inferior, fundamentalmente las del Lías inferior (J1) con una elevada permeabilidad por fisuración y disolución y que presentan las máximas transmisividades en la zona central, en la cabecera de las Lagunas de Ruidera. Algo menos permeables son las calizas oolíticas del Lías superior (J3) que se extienden en la zona más oriental del Campo de Montiel. Las calizas y brechas calcáreas del Terciario superior que afloran en la parte centro-occidental también forman para el I.T.G.E. (1990b) pequeños acuíferos colgados. La recarga de estos materiales se produce a partir de la precipitación directa sobre ellos, puesto que no existe conexión con otros acuíferos. Al tratarse de rocas con altas permeabilidades su capacidad de infiltración es muy elevada, por lo que no existen verdaderos ríos de aguas superficiales, produciéndose la mayor parte de la descarga a través de manantiales. Las salidas principales del acuífero son el río Pinilla con las Lagunas de Ruidera hacia el noroeste, los ríos Azuer, Cañamares y Jabalón hacia el oeste, los ríos Córcoles y Sotuélamos hacia el norte, los ríos Lezuza y Jardín hacia el este y el manantial de Villanueva de la Fuente hacia el sur.

– **Materiales de baja permeabilidad:** se trata fundamentalmente del conjunto calcomargoso del Lías medio (J2) que aflora en la zona oriental del Campo de Montiel; como ya comentábamos en el capítulo de geología, para el I.T.G.E. (1990b) se trata de facies de megabrechas y brechas calizodolomíticas con matriz margosa post-jurásicas. La capacidad de infiltración de estos materiales es escasa y variable en las distintas áreas dependiendo de su proporción de matriz margosa y su grado de cementación. Los conglomerados cuarcíticos pliocuaternarios pueden considerarse también acuíferos colgados de baja permeabilidad.

– **Materiales impermeables:** son las arcillas y yesos de las facies Keuper del Triásico superior que constituyen la base impermeable del acuífero y que afloran extensamente al oeste y sur de la unidad hidrogeológica. Son también numerosos los afloramientos triásicos y paleozoicos (cuarcitas

y pizarras) dentro del acuífero, principalmente a lo largo de las Lagunas de Ruidera y en la franja Viveros-Villahermosa, al sur del acuífero. Estos afloramientos en el interior del Campo de Montiel tienen una gran importancia hidrogeológica, ya que actúan como umbrales que condicionan las direcciones del flujo de las aguas subterráneas.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

POROSIDAD: no se han realizado ensayos para su determinación en los materiales del acuífero. Las observaciones de campo nos llevan a pensar en el predominio de la porosidad secundaria sobre la primaria ya que, al tratarse de rocas calcáreas con abundante fracturación, los fenómenos de disolución provocados por las aguas subterráneas ensanchan las fracturas y los planos de estratificación aumentando dicha porosidad. Por otra parte, son muy frecuentes en el acuífero los cambios de calcita a dolomita y según Weyl (en DAVIS and DE WIEST, 1966) esta transformación da lugar a la aparición de nuevos espacios que pueden llegar a reducir la roca en un 13%, con el consiguiente aumento de porosidad. Basándonos en información bibliográfica (Llamas en CUSTODIO y LLAMAS, 1983 y DAVIS and DE WIEST, 1966), estimamos que la porosidad puede oscilar en torno al 20% en las calizas travertínicas del valle del Guadiana, entre un 15 y un 20% en las calizas oolíticas del Lías superior y menor del 15% en las calizas y dolomías del Lías inferior.

PERMEABILIDAD: está condicionada por la ubicación de los conductos o fisuras, que dependen a su vez de los cambios laterales de facies, la permeabilidad inicial o la existencia de fracturas ensanchadas por fenómenos de disolución, por lo que suele presentar gran anisotropía. Por ello, la captación de aguas subterráneas en el acuífero es problemática, existiendo grandes diferencias en cuanto a la eficiencia de pozos situados a escasa distancia entre sí.

Las zonas en las que se concentran las fracturas, y en donde aumentan sus intersecciones, son las que presentan un flujo de agua subterránea más rápido, por lo que la más fácil disolución de las rocas puede causar un importante incremento de la permeabilidad. De ahí que las zonas más fracturadas del acuífero, situadas principalmente en la cabecera de las Lagunas de Ruidera y a lo largo de las mismas, sean precisamente las que mantienen un mayor número de pozos productivos. Al norte del acuífero, donde la fracturación es menos densa, las perforaciones han sido menos exitosas puesto

que la probabilidad de que éstas corten fracturas es baja y, además, los conductos asociados a planos de estratificación se desarrollan peor que en zonas más fracturadas (DAVIS et al., 1966).

TRANSMISIVIDAD: NIÑEROLA et al. (1979a) consideran que la transmisividad del acuífero varía entre 50 y 1500 m²/día. El informe del I.G.M.E.-I.R.Y.D.A. (1979) confirma estos órdenes de magnitud y demuestra que se cumple la relación:

$$\text{TRANSMISIVIDAD (m}^2\text{/día)} = \text{CAUDAL ESPECIFICO (l/ss/m)} \times 100$$

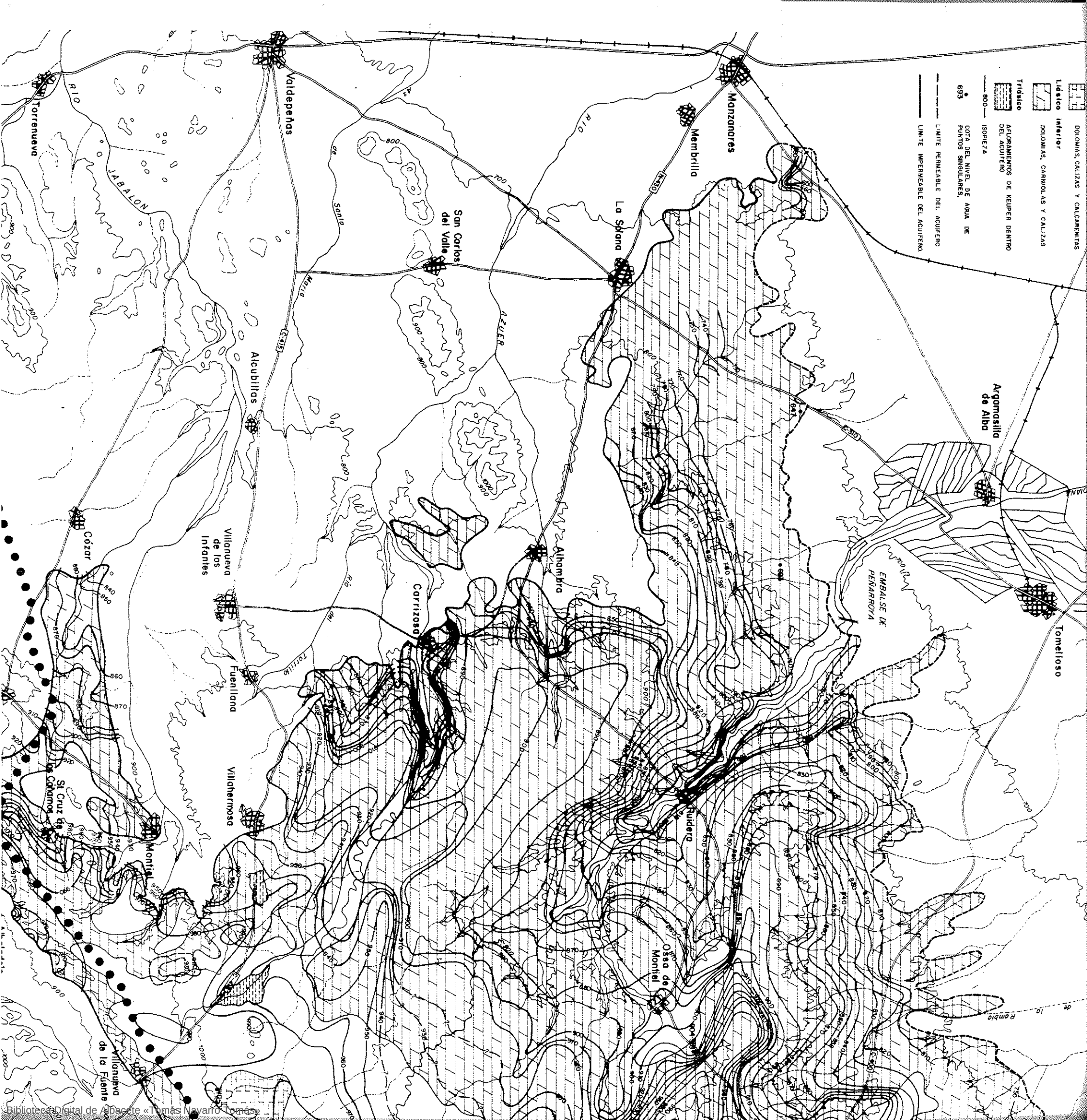
Dando por válida esta relación, hemos estimado la distribución de la transmisividad en el acuífero en base a los 43 datos de caudal específico que obtuvimos en 1987 durante la campaña de inventario de puntos de agua, ya que no ha sido posible la realización de ensayos de bombeo. Este parámetro presenta importantes variaciones dentro del acuífero: las transmisividades más altas se dan en la cabecera de las Lagunas de Ruidera y al sureste del Campo de Montiel, con valores de 500 a 2000 m²/día, pudiendo alcanzar los 6.000 y 7.000 m²/día puntualmente; en las zonas norte, oeste y suroeste del acuífero se dan transmisividades mucho menores, entre 10 y 100 m²/día. Coinciden los valores más altos con aquellas zonas donde se llevan a cabo las máximas extracciones, mientras que los más bajos se dan en áreas en las que se han abandonado la mayor parte de los pozos.

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO: se estima entre un 1 y un 5% (I.G.M.E.-I.R.Y.D.A., 1979).

HIDROGEOLOGÍA GENERAL DEL ACUÍFERO

Los diversos estudios que desde hace años se vienen realizando sobre este acuífero (HERNÁNDEZ PACHECO, 1928a y b y 1948; PLANCHUELO PORTALES, 1944; TORRENS et al., 1976; NIÑEROLA et al., 1979a; I.G.M.E. e I.R.Y.D.A., 1979; I.G.M.E., 1986b y 1988c; S.G.O.P., 1988a, b y c, etc.) coinciden en un mismo modelo conceptual para explicar su funcionamiento hidrogeológico:

La elevada permeabilidad de los materiales calcáreos del Campo de Montiel hace que se infiltre en el acuífero la mayor parte del agua procedente



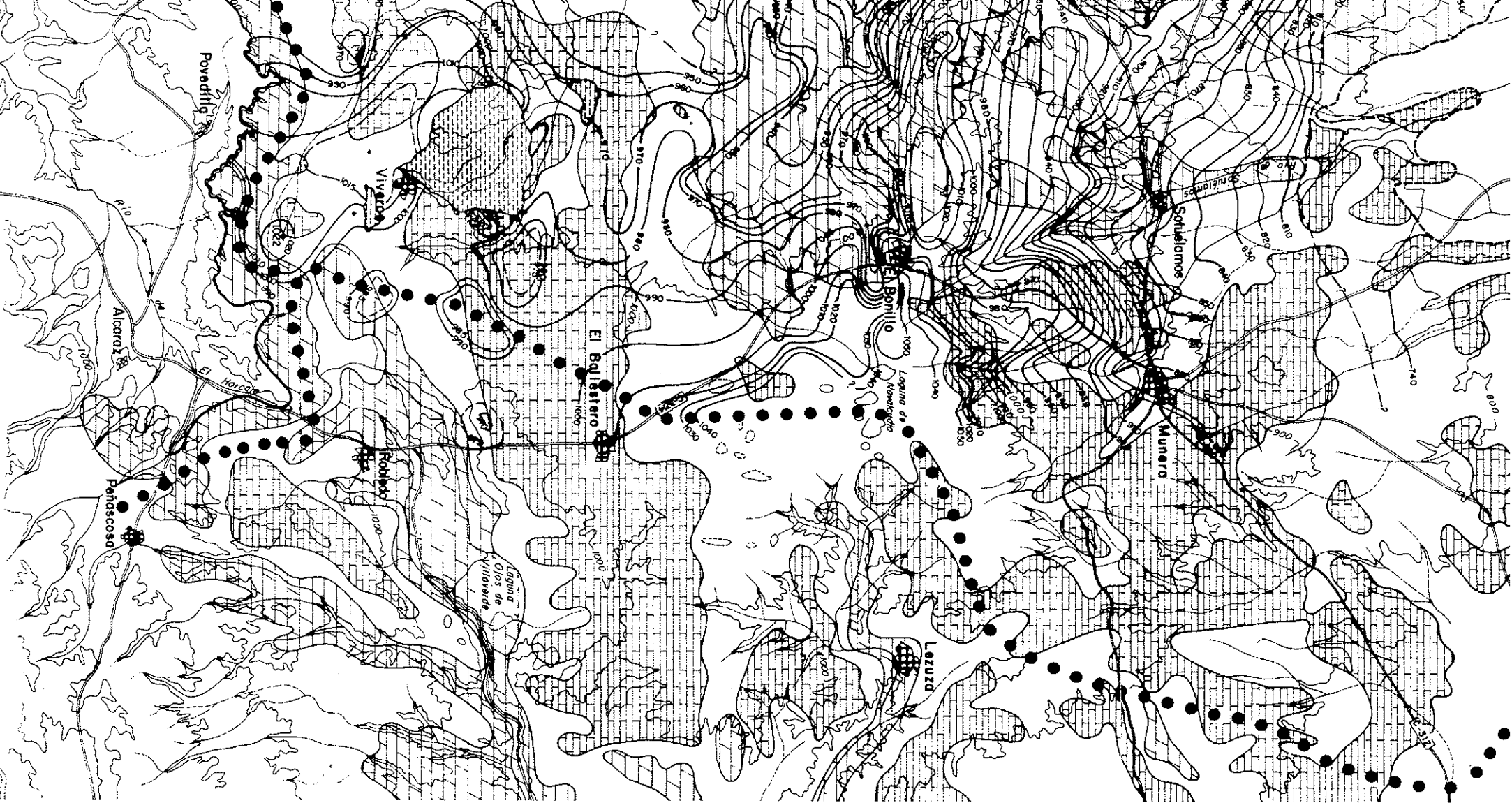


Fig. 6.1. Isoplezas (verano 1987).

de las precipitaciones, por lo que la escorrentía superficial es casi nula sobre el páramo calcáreo. La descarga del acuífero se produce a través de manantiales, unos situados en el contacto entre los materiales carbonatados permeables y el sustrato impermeable infrayacente, otros originados al cortar la topografía al nivel freático y otros en el contacto entre las calizas permeables con algún nivel de menor permeabilidad dentro de la serie calcodolomítica. La mayor parte de los manantiales importantes dan lugar a ríos y arroyos (Pinilla-Guadiana Alto, Cañamares, Azuer, Segurilla, Jaba-lón, Córcoles, Sotuélamos) cuyo régimen está regulado por el embalse subterráneo. Esta red fluvial, que nace en el páramo y que vierte a las cuencas del Guadiana, Guadalquivir y Júcar, disecta al acuífero en varias unidades hidrológicas. Por último, existe otra importante salida de agua, la que subterráneamente pasa al acuífero de la Llanura Manchega al norte de la zona de estudio.

Tomando como base el anterior modelo conceptual, la profundización del estudio requirió, además del trazado de los cortes hidrogeológicos anteriormente mencionados, el establecimiento de una infraestructura de control hidrogeológico para conocer la evolución del acuífero. Con este fin, se acometieron las siguientes acciones:

- En primer lugar, durante el verano de 1987, realizamos un exhaustivo inventario de puntos de agua para el Servicio Geológico de Obras Públicas, midiéndose los niveles y caudales de 508 pozos y manantiales.

- Los niveles estáticos de los pozos y las cotas de los manantiales permitieron el trazado de un plano de isopiezas cuyo análisis expondremos más adelante (fig. 6.1).

- A partir de la información obtenida durante el inventario, se seleccionó una red de control (figura 6.2) formada por pozos, manantiales y corrientes superficiales, a la que se fueron añadiendo los piezómetros que el Servicio Geológico de Obras Públicas perforó tanto en el acuífero como a lo largo de las lagunas. Estos datos han permitido conocer la evolución piezométrica del Campo de Montiel en relación a la recarga y cuantificar las variaciones producidas en el acuífero desde 1987 (figuras 6.3 a 6.6). Para ello se han tenido en cuenta también las medidas que periódicamente toman tanto las Comisarías de Aguas del Guadiana y Guadalquivir en diversos puntos como el Instituto Tecnológico Geominero de España.

Con los datos del inventario realizado en 1987 se trazó un plano de isopiezas (virtuales puesto que la superficie piezométrica en acuíferos permeables por fisuración es discontinua ya que sólo existe en las grietas o fisuras), que corresponde a los niveles del acuífero en la época de máxima explotación (fig. 6.1).

Se aprecian claramente las principales direcciones de flujo (ortogonales a las isopiezas), que coinciden con los ríos y arroyos: Guadiana Alto o Pinilla, Cañamares, Azuer, Sotuélamos, Córcoles y Jabalón.

Se detecta una gran variabilidad en el gradiente hidráulico, indicando una clara distribución de transmisividades en las distintas zonas del acuífero. Tanto en la cabecera de las lagunas como al sur del acuífero los gradientes son muy suaves, lo que confirma la alta transmisividad que puede predecirse de los excelentes resultados de la mayoría de los pozos. Sin embargo, el margen occidental del valle del Guadiana, el área comprendida en el triángulo Ossa de Montiel-El Bonillo-Munera y el límite norte del acuífero, entre otras, son zonas con fuertes gradientes hidráulicos y con bajas transmisividades; también en este caso es coherente con la escasa productividad de los pozos.

Se observan dos zonas de umbral con una dirección NO-SE a ambos lados del área de descarga del Guadiana Alto, la primera se extiende entre el Bonillo y Ossa de Montiel y la segunda, más suave, al noreste de Carrizosa.

También se pone de manifiesto en el mapa de isopiezas el efecto de los bombeos de agua para usos agrícolas sobre el acuífero. Dos zonas habían sufrido las mayores modificaciones en el verano de 1987: en primer lugar la cabecera de las Lagunas de Ruidera, donde se midieron descensos del nivel del agua en los pozos del orden de 10 a 15 metros (las isopiezas se dibujaron discontinuas en esa zona debido a que las medidas tomadas en el verano de 1987 corresponden al nivel dinámico); en segundo lugar la zona de acuífero delimitada por los pueblos de Villahermosa, Montiel y Villanueva de la Fuente, en donde se provocaron descensos del orden de 20 a 40 metros, modificándose además el flujo subterráneo en la divisoria de las cuencas del Cañamares y Jabalón. En la zona sur de la divisoria hidrológica entre el Guadiana y el Júcar y al noroeste y noreste del pueblo de Villanueva de la Fuente se aprecian diversos conos de bombeo, que coinciden con fincas de explotación agrícola.

Las sucesivas campañas de medida (llevadas a cabo por el Servicio Geológico y, posteriormente, por la Confederación Hidrográfica del Guadiana), principalmente a partir de 1990 en que se amplió la red de control con los primeros piezómetros, han permitido hacer una valoración de la evolución de niveles en el acuífero y conocer las zonas en las que se producen los máximos descensos.

Para analizar la evolución de los niveles piezométricos a lo largo del tiempo contamos con los niveles y caudales que medimos desde 1987 en piezómetros, pozos, manantiales y corrientes superficiales. Esta red de control se muestra en la figura 6.2. Además, dispusimos de los datos de niveles en

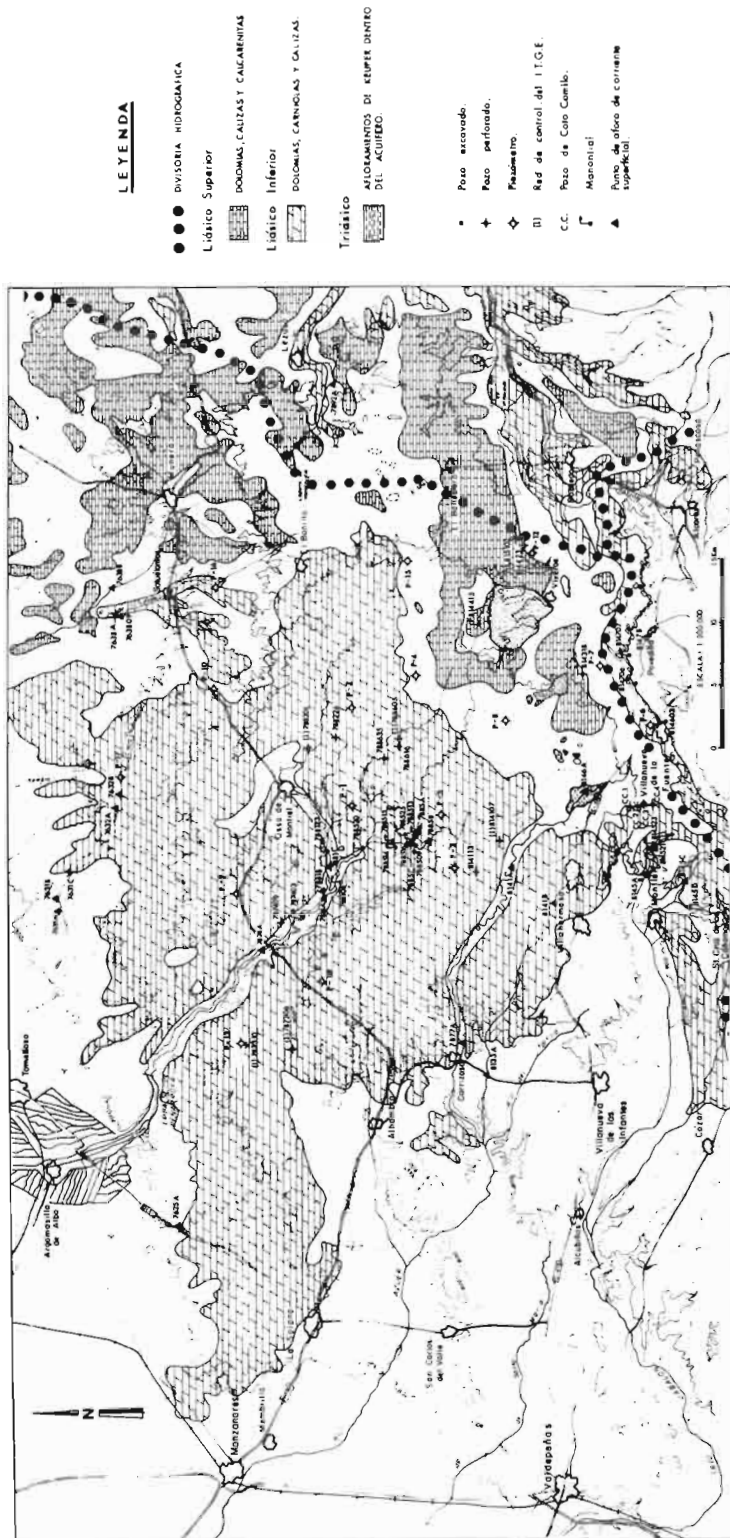


Fig. 6.2. Situación de los puntos de control piezométrico.

los piezómetros que controla el I.T.G.E. desde 1973 y de los de niveles y caudales que miden las Comisarías de Aguas del Guadiana (pozos de la finca Coto Camilo, estación de aforos de La Cubeta, diversos puntos de aforo en el río Jabalón y manantial de Villanueva de la Fuente) y del Guadalquivir (manantial de Villanueva de la Fuente).

La figura 6.3 representa la evolución de los niveles de agua en pozos y piezómetros situados en la cuenca vertiente a las Lagunas de Ruidera, junto a la precipitación total mensual de la estación meteorológica de Ruidera (4-012). En la figura 6.4 se muestra la evolución de niveles en los pozos y piezómetros ubicados al sur del acuífero y la precipitación total mensual de la estación meteorológica de Fuenllana (4-028). Las figuras 6.5 y 6.6 reflejan la evolución del caudal en manantiales y corrientes superficiales del conjunto del acuífero.

Del análisis de la evolución de niveles y caudales pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

1. Tanto los niveles piezométricos como los caudales de manantiales y corrientes superficiales presentan frecuentes oscilaciones estacionales, con máximos en primavera (principalmente entre abril y junio) y mínimos al final del verano y en otoño (entre septiembre y noviembre).
2. Entre enero de 1973 y el otoño de 1982 se observa un descenso generalizado de los niveles piezométricos del acuífero, los cuales tienden a estabilizarse hasta el otoño de 1985. En la primavera de 1986 ascienden bruscamente y vuelven a descender en los otoños de 1986 y 1987 (año en el que se alcanzan los niveles más bajos registrados hasta dicha fecha). Se observan variaciones estacionales muy fuertes, probablemente relacionadas con el bombeo de aguas subterráneas para regadíos. A partir del invierno de 1987 las oscilaciones se suavizan (si bien se dan mínimos en los otoños de 1989, 1990, 1991 y 1992) aunque los niveles presentan un ligero y paulatino descenso hasta octubre de 1995.
3. Algunos piezómetros mantienen su nivel prácticamente constante, como los situados en los alrededores de El Ballesterio (al sureste del acuífero) y al este de Manzanares (al noroeste del acuífero). Otros, por el contrario, ubicados en las inmediaciones del embalse de Peñarroya, presentan fuertes oscilaciones de nivel.
4. Desde el inicio del período de control en 1987, los niveles piezométricos más altos y los mayores caudales proporcionados

POZOS Y PIEZOMETROS	
787904 (L.T.O.B.)	P-2
788201 " "	P-3
787310	P-4
786643	P-5
786113	P-6
788216 (POZO PEREZ)	P-7
788324 (CASA DEL SANCHO)	P-8
788616 (ALJABRE)	P-9
786633 (AZUARA O B. SUMAPOT)	P-10

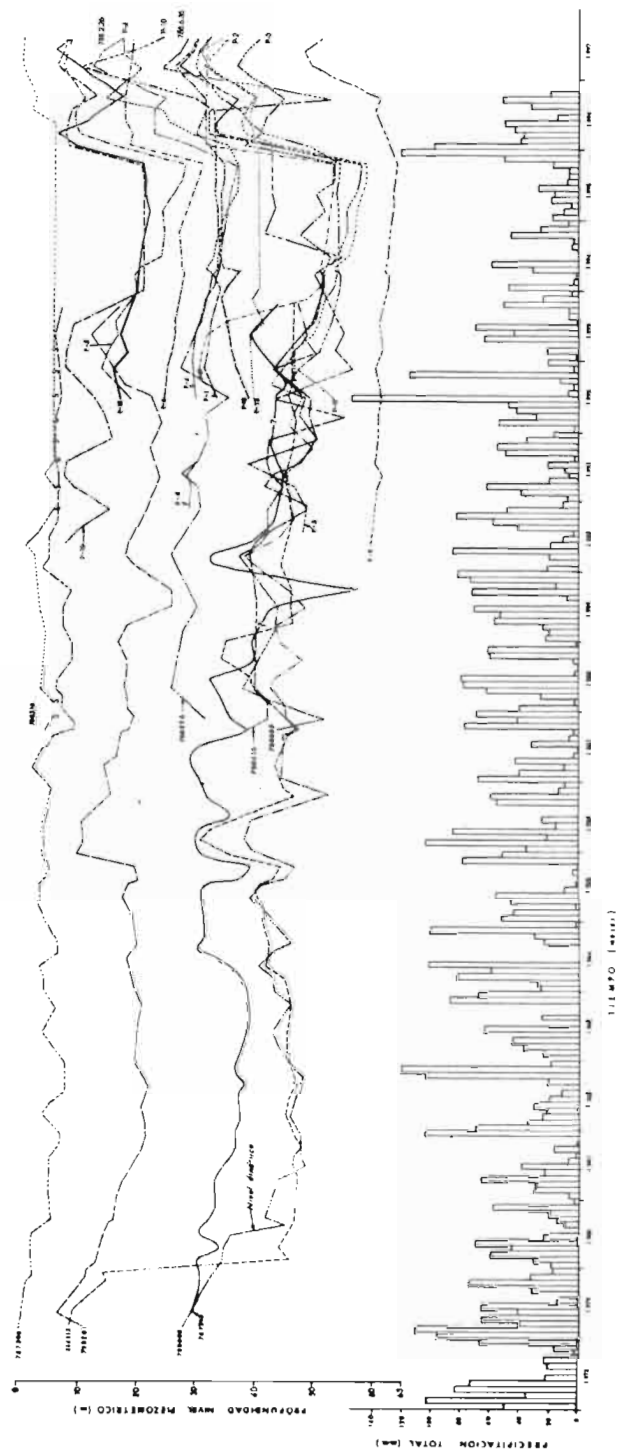


Fig. 6.3. Evolución de los niveles de agua (m) en los pozos y piezométricos situados en la zona norte. Precipitación de la estación de Ruidera (4-012).

POZOS Y PIEZÓMETROS.

814523 (L.T.G.B.)

814107 " "

SONDEO 1

SONDEO 2

SONDEO 3

SONDEO 4

COTO CAMILO

814318 (LA TORRE).

814102 (POZO DR. CERRO).

P-12

P-6

P-7

P-8

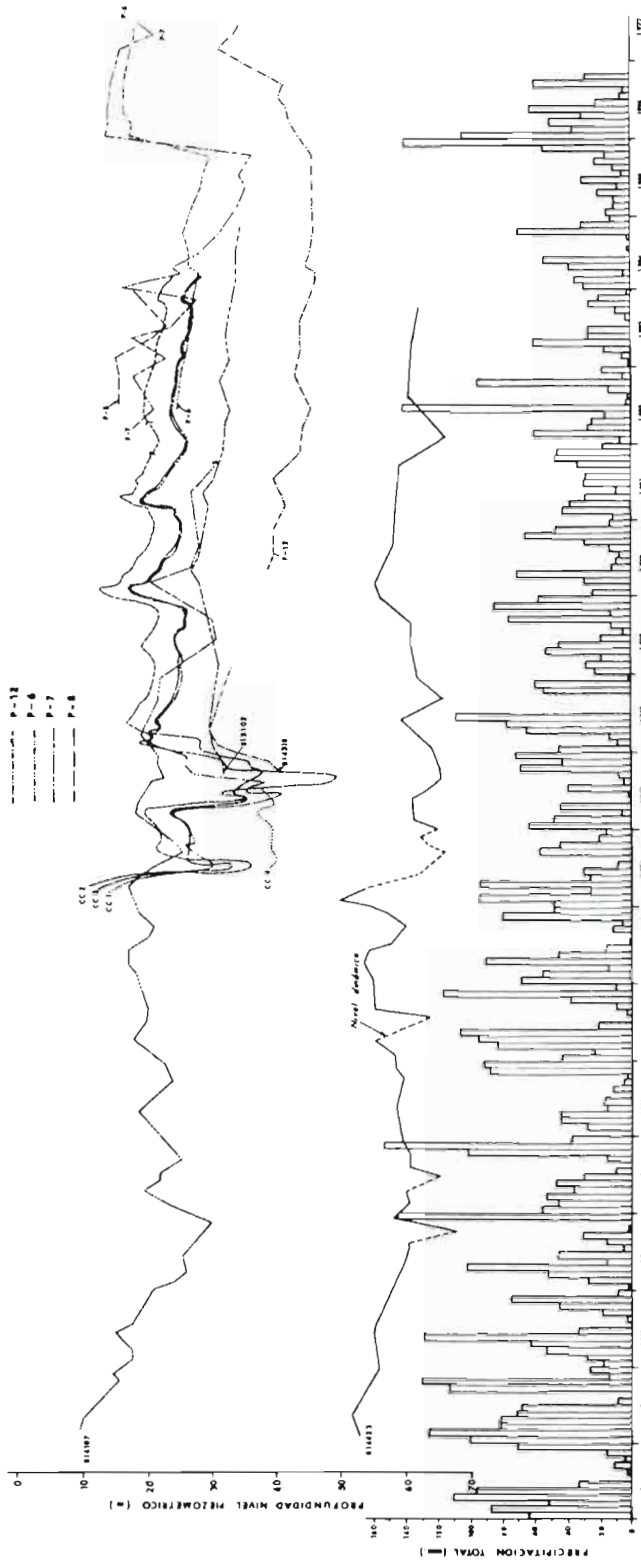


Fig. 6.4. Evolución de los niveles de agua (m) en los pozos y piezométricos situados en la zona sur. Precipitación de la estación de Fuenllana (4-028).

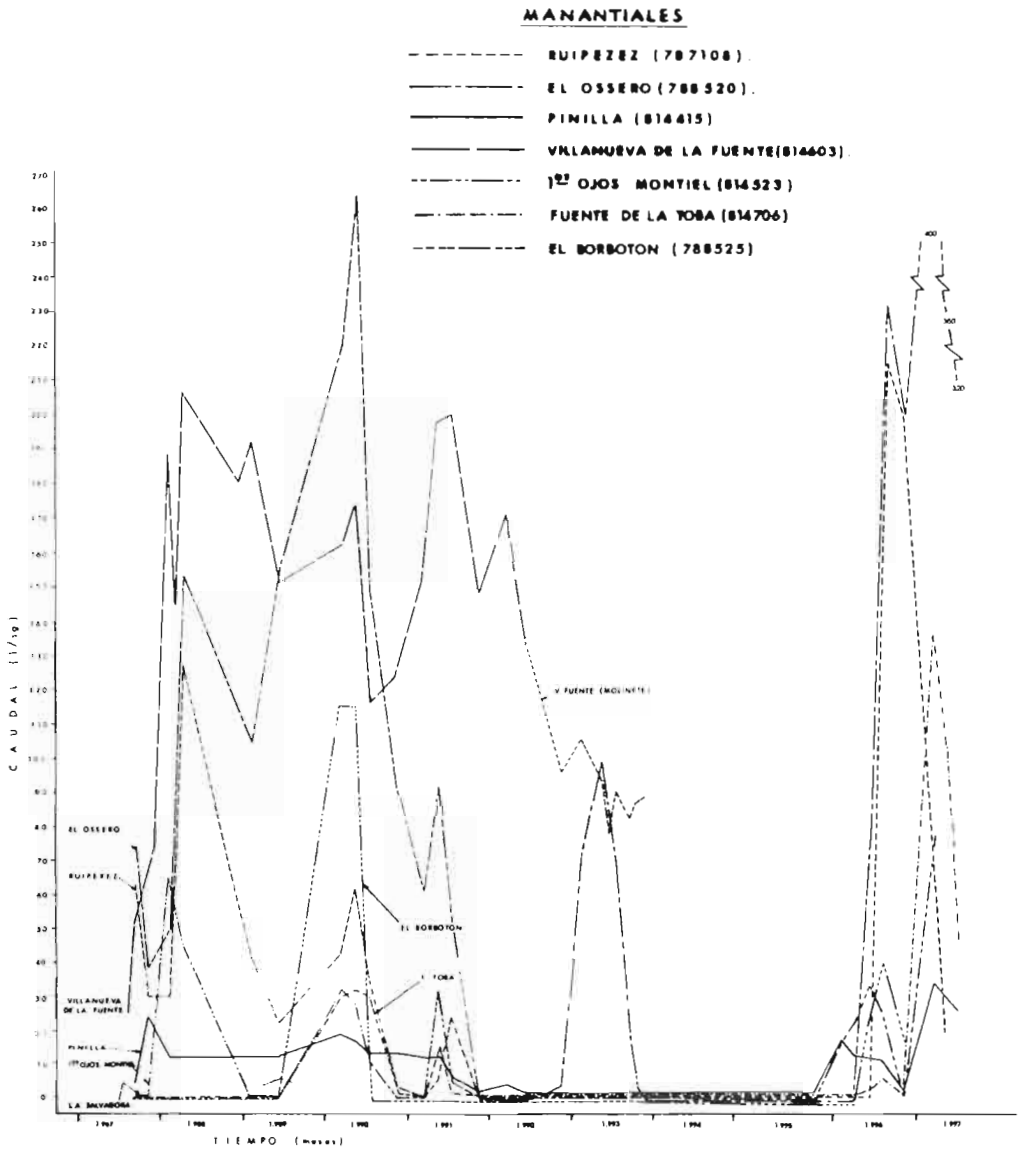


Fig. 6.5. Evolución del caudal en manantiales (l/s).

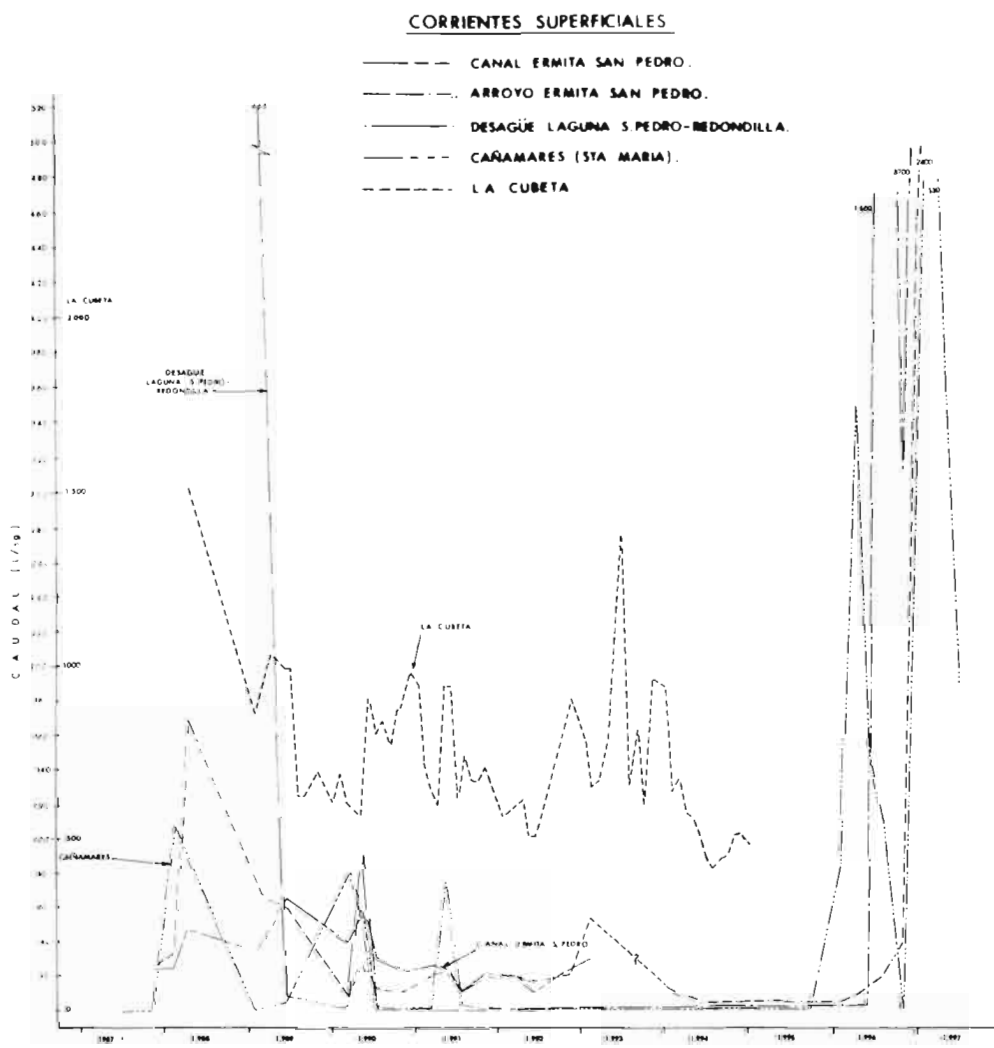


Fig. 6.6. Evolución del caudal en corrientes superficiales (l/s).

por los manantiales se producen durante las primaveras de 1996 y 1997 y anteriormente en las de 1988, 1990 y, en menor medida, en la de 1991. En todos los casos estuvieron precedidos por otoños e inviernos con precipitaciones superiores a la media, principalmente las de los años hidrológicos de 1995-96 y 1996-97; en los casos de 1988 y 1996, tanto el invierno como la propia primavera fueron húmedos.

5. Los niveles y caudales más bajos se registraron en el verano y otoño de 1987, coincidiendo con las máximas extracciones de agua llevadas a cabo por medio de pozos. Asimismo, desde el otoño de 1991 hasta el otoño de 1995, coincidiendo con un período de precipitaciones inferiores a la media, los niveles presentan un continuo descenso (con excepciones puntuales) y los manantiales y corrientes superficiales se secan o dan caudales muy bajos (con una ligera recuperación en la primavera de 1993).
6. En la zona próxima a las lagunas (fig. 6.3) los niveles de agua presentan fuertes oscilaciones que son mayores cuanto más próximo se encuentre el pozo o piezómetro a las zonas de regadío. Como ya hemos indicado, los máximos descensos se produjeron en los otoños de 1986 y 1987 como consecuencia de los bombeos de aguas subterráneas (cuyos máximos volúmenes se extrajeron durante la primavera y verano de 1987); posteriormente, los niveles comienzan a recuperarse, si bien la drástica disminución de recarga durante el período seco de 1978-79 a 1984-85 no sólo no permitió alcanzar los niveles iniciales sino que produjo unos descensos totales de más de 10 metros en algunos puntos desde 1986.
7. Al sur del acuífero (fig. 6.4) los niveles en pozos y piezómetros muestran también frecuentes oscilaciones, la mayor parte de las cuales relacionadas con los bombeos de aguas subterráneas (en esta zona finalizaron en 1987). Los sondeos 1, 2 y 3 de Coto Camilo presentan descensos muy acusados, que en algún caso alcanzan los 40 metros, en los veranos de 1986 y 1987 en los que se llevaron a cabo las máximas extracciones al sur del acuífero. Si bien la recuperación suele ser rápida, hasta las primaveras de 1996 y/o 1997 no se llegaron a alcanzar los niveles iniciales. Pese a que los máximos descensos se produjeron en los veranos de 1986 y 1987 y que los niveles tendieron a recuperarse al cesar las extracciones, se

observa un paulatino descenso de los mismos hasta el otoño de 1995 (entre 5 y 10 metros desde 1990) debido a la disminución de la recarga.

En los perfiles geológicos de las figuras 5.7 a 5.14, 5.20 y 5.21 se representaron los niveles piezométricos en dos fechas: noviembre de 1992 (niveles más altos desde mayo de 1990, fecha en que comenzaron a medirse los piezómetros del Campo de Montiel) y marzo de 1994 (niveles más bajos). En ambas fechas los niveles en el acuífero eran ya muy bajos, como lo demuestra el hecho de que la mayor parte de los manantiales se encontraban secos (como puede comprobarse en las figuras 6.3 a 6.6). No se han añadido los niveles de los años 96 y 97 puesto que muchos de los sondeos han sido inutilizados a partir de 1995.

Del análisis de los citados perfiles se pueden extraer diversas conclusiones:

1. En las zonas más transmisivas y en los valles la oscilación de niveles es menor que en las que presentan menos transmisividad (sondeo 57 de los cortes III-III', IV-IV' y XII-XII'). La gran oscilación de niveles que presenta este punto puede deberse también a que se encuentra sobre un acuífero terciario, colgado sobre el acuífero jurásico y desconectado hidráulicamente del mismo.
2. El flujo de agua se dirige hacia las zonas de valle, principalmente hacia el del Guadiana y las Lagunas de Ruidera, como se aprecia en los cortes I-I', II-II', III-III', IV-IV', V-V', VI-VI', XII-XII', XIII-XIII', XIV-XIV', XV-XV' y XVI-XVI'.
3. Las áreas de umbrales triásicos definidas en el capítulo 5.2.1 separan zonas del acuífero y crean diversas unidades hidrogeológicas que se comportan con casi total independencia entre sí. En los cortes I-I', VII-VII' y VIII-VIII' se observa cómo el umbral triásico impermeable que llega a aflorar en la franja Villahermosa-Viveros (fig. 5.2) divide el Campo de Montiel y crea hacia el sur un pequeño acuífero, prácticamente aislado, cuyo drenaje se produce a través de los manantiales situados en el contacto entre los materiales permeables del Jurásico y los impermeables del Triásico superior (como el de Villanueva de la Fuente). En estos cortes se aprecia claramente la existencia de un importante espesor de materiales permeables por debajo del nivel de drenaje lo que hace que esta zona del acuífero disponga de mayor capacidad de almacenamiento, si

bien su capacidad reguladora es extraordinariamente baja. Estas características, junto a la elevada transmisividad del acuífero, permiten la extracción de elevados caudales de agua en los pozos, sin embargo, la altitud a la que se encuentran los manantiales sobre la base impermeable hace que escasos metros de descenso del nivel piezométrico dejen secos o mermen el caudal de los manantiales.

4. En el valle del Guadiana los manantiales no están asociados al contacto Jurásico-Triásico sino que la mayor parte de ellos se originan al cortar la topografía al nivel piezométrico. Por ello, los manantiales situados a cotas topográficas elevadas quedan secos al descender el nivel del agua en el acuífero. Las paulatinas disminuciones de nivel que se produjeron hasta el otoño de 1995 provocaron que la mayor parte de los manantiales situados en la cabecera de las lagunas quedaran secos (cortes I-I', V-V', VI-VI', XIV-XIV' y XV-XV'), mermando las aportaciones que, en condiciones normales, reciben las lagunas Blanca y Concejo. Esto dio lugar, como veremos más adelante, al debilitamiento de la conexión hidráulica entre las lagunas, reduciéndose los caudales transferidos a valores inapreciables. La subida de niveles experimentada tras las elevadas precipitaciones del otoño, invierno y primavera de 1995-96 permitió una rápida recuperación del sistema: en julio de 1996 los niveles en las lagunas eran tan altos que comenzaron a funcionar las cascadas, transferencias superficiales entre las lagunas, lo cual no ocurría desde antes de 1986.
5. Exceptuando las zonas con umbrales triásicos, como la detectada al norte y noroeste de Ossa de Montiel (sondeo 37 del corte II-II', sondeos 65 y 68 del corte III-III', sondeo 82 del corte IV-IV') o al este de las lagunas de San Pedro (corte XIII-XIII') y Colgada (corte XII-XII'), en el resto del acuífero los materiales carbonatados permeables presentan un "gran" espesor. Los puntos de drenaje, como hemos dicho, están condicionados por la topografía, por lo que si el nivel del agua desciende por debajo del nivel topográfico no se produce vertido. Sin embargo, el acuífero permitirá el almacenamiento de agua por debajo de los puntos de vertido más bajos, como se aprecia en los cortes II-II', XII-XII', XIV-XIV' y XV-XV'. En los cortes I-I' y XVI-XVI', longitudinales al valle del Guadiana, se observa la existencia de varios metros

de espesor de materiales permeables bajo el fondo de las lagunas.

6. Los cortes realizados a través de las barras travertínicas que separan las lagunas (III-III', IV-IV', XIII-XIII' y detalle transversal de la barra de la laguna Redondilla fig. 5.21) muestran claramente la posibilidad de circulación subterránea de agua entre las mismas.
7. Como se aprecia en todos los cortes transversales al valle del Guadiana, es evidente la conexión hidráulica entre el acuífero y las lagunas a ambos lados del valle, a excepción de la zona oriental de la vega de San Pedro (corte XIII-XIII') donde aflora el Triásico superior.

Todas estas consideraciones parecen indicar que el acuífero dispone de cierta capacidad de almacenamiento, tanto en el sur (donde los manantiales están condicionados por la disposición geológica de los materiales) como en el norte (donde es la topografía la que ejerce el control sobre los puntos de drenaje).

En determinadas zonas del acuífero la propia estructura geológica, la existencia de fracturas que elevan el fondo impermeable o la erosión de los valles permiten la existencia de manantiales situados a la cota del nivel impermeable, como parece ocurrir en las proximidades del manantial de Pinilla o en el límite occidental del acuífero (corte II-II'). En estas zonas, los manantiales presentan un régimen relativamente regularizado, manteniendo sus caudales prácticamente constantes a lo largo del año, lo que indica que en este área la capacidad de regulación del acuífero es mayor que en el resto.

En estudios anteriores (S.G.O.P., 1988b) se consideraba que el acuífero funcionaba según un ciclo anual dada su pequeña capacidad de almacenamiento, infiltrándose el agua en los meses más húmedos y saliendo durante ese mismo año por los manantiales. Por otra parte, en S.G.O.P., 1988c se sugiere que la falta de correlación existente entre las precipitaciones mensuales y los caudales mensuales del río Guadiana a la entrada del embalse de Peñarroya pone de manifiesto que el tiempo de residencia del agua subterránea en el acuífero oscila entre varios meses y algunos años. Sin embargo, los resultados preliminares obtenidos por el C.E.D.E.X. (CENTRO DE ESTUDIOS TÉCNICOS APLICADOS, 1994) en el estudio isotópico de las aguas del acuífero determinan tiempos medios de renovación del agua de 38,5 años (para un período útil de recarga comprendido entre los meses de octubre a mayo, ambos inclusive) que, si bien no son definitivos, indican claramente un período de permanencia superior a los que se venían barajando.

La estructura del acuífero y su capacidad de almacenamiento por debajo del nivel de drenaje permiten pensar que el tiempo de renovación del agua puede ser elevado, siendo posible admitir igualmente que el tiempo transcurrido entre la recarga y la descarga varíe entre varios meses y dos o tres años, dado que se trata de un acuífero libre que acusa rápidamente la pluviometría, tanto en el aumento del nivel del agua como en el incremento de la escurrentía. Esto ha podido comprobarse tras el período de lluvias intensas que empezó en noviembre de 1995 y que rellenó el acuífero hasta los puntos de drenaje, permitiendo a las lagunas alcanzar su nivel de vertido en julio de 1996.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que los bombeos reducen los caudales drenados de forma natural a través de los manantiales y disminuyen las reservas existentes por debajo del nivel de vertido, lo que, como ya se ha comprobado, en épocas de sequía afecta muy negativamente al funcionamiento del sistema.

6.2. MODELO DE FLUJO DE LAS LAGUNAS DE RUIDERA

La observación detallada del sistema de flujo a lo largo de las Lagunas de Ruidera planteó numerosas incertidumbres acerca de su sustrato geológico y de la conexión hidráulica entre ellas. Como ya mencionábamos en el capítulo 5.2.2., en el que se describe la geometría del basamento de las Lagunas de Ruidera, la investigación hidrogeológica de este trabajo se planteó en base a los datos de los sondeos realizados por el Servicio Geológico de la Dirección General de Obras Hidráulicas en el valle del Guadiana Alto.

Hasta que comenzó esta investigación la hipótesis más aceptada sobre el funcionamiento hidrogeológico de las Lagunas de Ruidera se basaba en que el lecho de las lagunas yacía directamente sobre el basamento impermeable constituido por los materiales del Triásico superior en facies Keuper, lo que permitía que el agua permaneciese embalsada en ellas. Se apoyaban en la existencia de numerosos afloramientos de “Keuper” en la carretera que bordea las lagunas, por lo que se pensaba que estos materiales debían encontrarse a escasa profundidad bajo las mismas. Se suponía que tanto los manantiales que las alimentan como las propias lagunas actuaban como puntos de drenaje del acuífero en su contacto con las arcillas, margas y yesos del Triásico superior.

Por otra parte, al haberse encajado el río hasta alcanzar el Triásico superior, el acuífero quedaba dividido en dos compartimentos con un com-

portamiento hidrogeológico independiente a ambos lados del valle. Esto explicaba, por ejemplo, por qué los manantiales de la margen derecha de las lagunas se secaban mientras que las de la izquierda continuaban dando elevados caudales.

La investigación geológica comenzó en las barras travertínicas que separan las lagunas San Pedro y Redondilla y esta última de la Lengua. Se observaba cómo el agua que rebosaba de la laguna San Pedro se infiltraba a través de grandes huecos existentes en el dique, no aflorando después ni en la laguna Redondilla ni en la Lengua. Además, el nivel de agua en la Redondilla descendía continuamente y a gran velocidad hasta secarse en noviembre de 1991, no filtrándose hacia la Lengua cuyo descenso de nivel era algo más lento.

Estos hechos nos llevaron a la conclusión de que debían existir importantes espesores de materiales “permeables” bajo las lagunas que permitieran la circulación de agua.

Se realizaron cuatro sondeos en la barra existente entre las lagunas Redondilla y Lengua, localizados en una línea transversal al dique (núms. 69 a 72 ó R-1 a R-4); se emboquillaron dos más a los lados de la barra para comprobar la relación entre el nivel del agua en el acuífero y en las lagunas; por último, se llevó a cabo un séptimo sondeo en la barra situada entre las lagunas San Pedro y Redondilla, muy cerca de los huecos por los que se filtra el agua que procede de la primera de ellas (nº 74 o R-6).

En una segunda fase se perforaron otros once sondeos a lo largo del valle, desde la Laguna Blanca (la más alta) hasta la barra que separa las lagunas altas de las bajas, Salto del Hundimiento (núms. 89 y 90 o S-1 y S-2; 76 a 78 o S-4 a S-6; 58 a 63 o S-7 a S-12). La descripción de las columnas litológicas de todos los sondeos se ha realizado en el apartado 5.2.2., en el que se define la geometría de las Lagunas de Ruidera.

En total, se realizaron dieciocho sondeos equipados para ser utilizados como piezómetros y en los que se controló el nivel de agua de forma periódica hasta abril de 1994. A partir de esta fecha, los sondeos S-1 y S-2 (números 89 y 90) se han medido periódicamente en las campañas de control; el resto de los piezómetros se han medido de forma puntual. Hay que señalar que algunos de los piezómetros han sido cegados como consecuencia de las recomendaciones realizadas en el informe del CEDEX (1994), medida con la que estamos en completo desacuerdo. Por otra parte, los sondeos R-6 (nº 74) y S-8 (nº 59) fueron arrastrados por el agua durante las avenidas acaecidas en enero de 1997 tras un período de fuertes lluvias.

La mayoría de los sondeos se construyeron en los diques travertínicos que separan entre sí las lagunas con objeto de conocer la potencia que

presentan en cada punto los materiales permeables (calizas travertínicas cuaternarias y calizas jurásicas) antes de alcanzar los depósitos impermeables del Triásico, mientras que otros se emboquillaron fuera de la barra, sobre materiales jurásicos o terciarios. En la figura 5.15 se ha representado la situación de los sondeos mencionados.

La información proporcionada por las columnas litológicas de los sondeos nos permitió la realización de dos cortes hidrogeológicos: el primero (XVI-XVI') longitudinal al valle del Guadiana en la zona de las lagunas, en el que se detalla la geología de las barras deducida de los sondeos (fig. 5.20), y el segundo transversal a la barra que separa las lagunas Redondilla y Lengua (fig. 5.21).

En el primero de ellos (fig. 5.20) se representaron:

- La información geológica de los sondeos, cuya interpretación se ha basado fundamentalmente en las observaciones de geología de superficie junto a cartografías geológicas de la zona como el MAGNA nº 788 (I.G.M.E., 1976) y el mapa geológico de I.T.G.E. (1990b).
- La interpretación geológica del S.E.V. nº 6 que habíamos realizado junto a la estación de aforos de La Cubeta.
- Los tramos con pérdida total de agua obtenidos de los partes de sondeo. Se desconocen en S-10 (nº 61), S-11 (nº 62) y S-12 (nº 63). Estos datos son útiles para determinar cuáles son los tramos más permeables de cada barra travertínica.
- Los niveles de agua medidos en los piezómetros y en las lagunas San Pedro (respecto a su escala), Redondilla y Lengua (éstas últimas desde el sondeo R-1, nº 69) en dos fechas: la primera con los niveles más altos registrados en el período de control (marzo de 1991) y la segunda con los más bajos (diciembre de 1992). Ambas fechas corresponden a niveles bajos en el acuífero y en las lagunas, puesto que el estudio comenzó en 1990 cuando muchos de los manantiales estaban ya secos y el agua de las lagunas se encontraba por debajo del nivel de vertido (este hecho se venía produciendo ya desde antes de 1987). Aunque los niveles actuales son los más altos, no se han representado puesto que sólo hay datos de algunos de los piezómetros.

El corte geológico realizado transversalmente a la barra que separa las lagunas Redondilla y Lengua (fig 5.21) se ha exagerado en la vertical con objeto de observar con detalle la distribución de los materiales, ya que se cuen-

ta con la información proporcionada por seis sondeos. Además, se han representado los niveles de agua en junio de 1991 (poco antes de secarse la Redondilla) y octubre de 1992 (niveles muy bajos en todo el conjunto lagunar como se aprecia en la figura 6.7).

Como veíamos en el capítulo 6.1, el descenso de niveles en el acuífero como consecuencia, por una parte, del período seco que atravesó la zona y, por otra, de la extracción de aguas subterráneas en la cabecera del conjunto lagunar, produjo la disminución de los aportes de agua a las lagunas. Desde 1985-86 hasta 1994-95 el descenso de aportaciones en la estación de aforos de La Cubeta había sido continuo. Entre 1988-89 y 1994-95 las aportaciones fueron cercanas o inferiores a 30 hm^3 constituyendo el período más largo con aportaciones más bajas desde que se controla la estación (año 1925-26).

La disminución de aportaciones al sistema lagunar y el consiguiente descenso de niveles supuso, entre otros efectos, la desconexión hidráulica superficial entre las lagunas, es decir, la desaparición de las cascadas. La foto 1(a y b) muestra la barra travertínica entre las lagunas Santo Morcillo y Batana antes y después del descenso de niveles. En la actualidad ha vuelto a funcionar tras la subida de niveles en el acuífero.

La observación detallada de cada una de las lagunas muestra que la disminución de aportes desde el acuífero no afecta a todas por igual: las lagunas Blanca (la más alta) y Redondilla (en el tramo intermedio) son las primeras en secarse; las lagunas del tramo intermedio, desde la Tinaja a la Batana sufren los mayores descensos de nivel; las lagunas más bajas, desde la Colgada a la Cenagosa no presentan descensos importantes; y la Conceja y Tomilla (lagunas altas), aunque mantienen el nivel cuando las del tramo intermedio ya se están secando, terminan descendiendo cuando aún no lo han hecho las lagunas bajas.

En la figura 5.20 se comprueba que el gradiente hidráulico varía a lo largo del perfil pudiendo diferenciarse, a grandes rasgos, tres tramos: el primero y tercero presentan gradientes suaves de 0,34 y 0,39% respectivamente, mientras que el tramo intermedio, entre las lagunas Tomilla y Redondilla, tiene un gradiente mucho más alto, de 1,25%.

Estos hechos permiten deducir que las características geológicas e hidrogeológicas del sustrato de cada una de las lagunas condicionan su funcionamiento hidrogeológico. A continuación se desarrolla la teoría de flujo que consideramos más coherente en base a los datos expuestos. Hay que destacar la existencia de varios conjuntos de lagunas, cada uno de los cuales con un comportamiento diferente:



Foto 1 a.



Foto 1 b: Cascada entre las lagunas Sto. Morcillo y Batana.

1. Como puede verse en la figura 5.20 el primer conjunto de lagunas lo forman la Blanca, la Conceja y la Tomilla. Desde el sondeo S-1, próximo a la laguna Blanca, hasta la laguna Tomilla la superficie freática presenta un gradiente hidráulico suave, de un 0,34%. Dichas lagunas son alimentadas subterráneamente, siendo su nivel un reflejo del nivel piezométrico del acuífero, como puede apreciarse en los cortes I-I' (fig. 5.7) y XVI-XVI' (fig. 5.20). Por esta razón, cuando los niveles en el mismo descienden la Laguna Blanca (foto 2) se seca ya que, dado que se encuentra topográficamente elevada y que es prácticamente plana, se muestra extraordinariamente sensible a las variaciones piezométricas. Sólo cuando los niveles en el acuífero se encuentran muy altos es posible el drenaje hacia dicha laguna.

En los cortes XIV-XIV' y XV-XV' de la figura 5.14 se aprecia cómo el descenso de niveles ha secado los manantiales que proporcionan agua a la laguna Blanca, mientras continúa el flujo subterráneo hacia aguas abajo (corte XIV-XIV'). También se observa cómo la topografía actúa como condicionante fundamental del drenaje del acuífero ya que, dependiendo de la profundidad a la que se encuentra el límite superior de la zona saturada, el agua saldrá a distintas alturas a lo largo del cauce. Por ello, cuando los niveles se encuentren suficientemente altos las lagunas podrán recibir también escorrentía superficial procedente de manantiales situados aguas arriba.

Si bien la Laguna Blanca, por sus especiales condiciones, se seca habitualmente en el estiaje y en períodos de sequía, no ocurre lo mismo con las lagunas Concejo (foto 3) y Tomilla, cuyos niveles de agua son de los más altos del conjunto lagunar. Esto es debido a que están a cota inferior a la de la superficie freática conectada con ellas y, por tanto, siguen siendo “ganadoras”. Pese a ello, cuando el descenso del nivel freático en el acuífero es muy grande los niveles en las lagunas Concejo y Tomilla descienden considerablemente (esto ocurrió en 1994-95). El manantial del Ossero, cuyo caudal llega a superar los 250 l/s y que cede su agua a la Concejo, también se secó como se aprecia en los cortes V-V' (fig. 5.9) y XIV-XIV' (fig. 5.14).

Por otra parte, el descenso de niveles suprime la transferencia superficial de agua, tanto dentro de este conjunto de lagunas como hacia el conjunto siguiente, si bien se vuelve a reanudar cuando se llena la laguna Blanca (o sea, cuando los niveles están altos en el acuífero).

2. El segundo conjunto de lagunas lo forman la Tinaja, San Pedro, Redondilla, Lengua, Salvadora, Sto. Morcillo y Batana, a las que hemos denominado lagunas del tramo intermedio (fig. 5.20).

A partir de la laguna Tomilla se produce un fuerte incremento en el gradiente hidráulico, como se observa en la figura 5.20. Este aumento tan brusco implica una disminución en la transmisividad del acuífero como



Foto 2: Laguna Blanca.



Foto 3: Laguna Concejo.



Foto 4: Laguna Tinaja.

consecuencia del descenso en la permeabilidad, lo que provoca un menor flujo subterráneo. Los materiales extraídos en el sondeo S-4 (en la barra entre la Tomilla y la Tinaja) corroboran esta hipótesis puesto que se trata fundamentalmente de arenas calcáreas de tamaños predominantemente finos con escasa pérdida de agua durante la perforación, lo que indica una baja permeabilidad.

Si suponemos que estos materiales detríticos finos, no encontrados con tanta potencia en ningún otro punto, constituyen gran parte de la citada barra travertínica, sería lógico pensar que impidan o disminuyan fuertemente el flujo subterráneo desde la laguna Tomilla a la Tinaja. Ello explicaría tanto el cambio de gradiente como el hecho de que los niveles en la segunda de ellas experimenten acusados descensos, mucho mayores que en la primera.

Esto significa que las lagunas Concejo y Tomilla pueden permanecer llenas aunque reciban pocas aportaciones, ya que se encuentran prácticamente embalsadas y sólo cederán agua, superficialmente, a la laguna Tinaja cuando los niveles en el acuífero lo permitan.

En síntesis, a las lagunas del tramo intermedio no les llegaría agua subterránea desde las lagunas altas, siendo alimentadas sólo superficialmente cuando éstas rebosan. La mayor parte de las lagunas de este segundo conjunto reciben también aportes laterales del acuífero, aunque el volumen de aportaciones varía mucho de unas a otras. Se debe tener en cuenta que por la margen izquierda el acuífero presenta baja transmisividad, como lo demuestran los fuertes gradientes que reflejan las isopiezas (fig. 6.1), por lo que el flujo será más lento.

La primera de estas lagunas, la Tinaja (foto 4), sólo se alimentaría por su margen izquierda pues, como se ve en el corte XIII-XIII' (fig. 5.13), el acuífero presenta una extensión muy pequeña por su margen derecha. La siguiente laguna, San Pedro, recibe aportes superficiales de la vega del mismo nombre (también denominada arroyo Alarconcillo), como se aprecia en la figura 5.15. Por su margen izquierda recibe aportes subterráneos del acuífero, aunque por la derecha los materiales impermeables del Triásico superior se lo impiden (corte XIII-XIII', fig. 5.13).

En estas condiciones, la supresión de aportaciones superficiales hace que los niveles en estas lagunas descendan progresivamente y, lógicamente, tampoco cedan agua superficialmente a las siguientes lagunas.

La Redondilla, de pequeño tamaño y cuyo fondo se encuentra topográficamente elevado (como se observa en los cortes I-I', fig. 5.7 y XVI-XVI', fig. 5.20) es, por tanto, la que primero se seca en este segundo tramo al descender los niveles en el acuífero. En el corte IV-IV' (fig. 5.8) se aprecia que



a) Situación antes de 1987.



c) Situación en marzo de 1991.

Foto 5 (a, b, c, d)



b) Situación en marzo de 1988.



Situación en abril de 1994.

variaciones de nivel en la Laguna Redondilla.

también recibe aportes subterráneos del acuífero, principalmente por su margen izquierda ya que el umbral triásico reduce las aportaciones de la margen derecha.

Las fotos 5 (a, b, c y d) muestran el descenso de nivel experimentado por la laguna Redondilla desde poco antes de 1987, cuando el agua alcanzaba el nivel de vertido, hasta 1993. En la última fotografía se aprecian los aspersores que regaban con agua del acuífero el césped del camping allí existente, disminuyendo aún más el nivel del agua, mientras la laguna está completamente seca. En 1996 y 1997, el nivel sobrepasó el dique vertiendo hacia la Laguna Lengua.

En las siguientes lagunas, desde la Lengua (foto 6) hasta la Batana (foto 7), la profundidad de su fondo (fig. 5.20) condiciona la velocidad de vaciado. Por ello, la Laguna Lengua, cuyo fondo se encuentra relativamente alto, cuando disminuyen las aportaciones presenta niveles muy bajos y un descenso continuo.

El espesor de material “permeable” bajo este conjunto de lagunas (desde la San Pedro hasta la Batana) debería permitir la circulación del agua subterránea bajo las mismas. Sin embargo, la anisotropía de los materiales que constituyen las barras (como puede verse en el corte transversal de la laguna Redondilla, fig. 5.21) y la baja permeabilidad que presentan ciertas zonas, hacen que el flujo, en general, no sea importante. El incremento general del gradiente en esta zona (1,25% desde la laguna Tomilla hasta la Batana) indica una disminución de la transmisividad (debido tanto a la permeabilidad como al espesor saturado) respecto al primer tramo, por lo que, aunque existe flujo subterráneo, éste no es muy rápido o bien se produce a través de conductos preferentes o en zonas más permeables de la barra (a veces están constituidas por arenas finas poco permeables o por calizas compactas y poco porosas).

3. El tercer conjunto de lagunas lo constituyen la Colgada (foto 8) y la del Rey (fig. 5.20). Éstas reciben importantes caudales de agua superficial de los manantiales del valle de las Hazadillas, por la margen izquierda de la laguna Colgada (fig. 5.15). Cuando los niveles lo permiten les llegan aportes superficiales de las lagunas del tramo intermedio, mientras que la cesión de agua subterránea desde las mismas está dificultada por la baja permeabilidad general de las barras. La posición elevada de las arcillas y yesos del Triásico superior permite que el agua permanezca embalsada en ambas lagunas manteniendo sin apenas variaciones su nivel, que es el mismo en ambas puesto que están comunicadas entre sí por medio de un pequeño canal que atraviesa la barra travertínica que las separa.



Foto 6: Laguna Lengua.



Foto 7: Laguna Batana.



Foto 8: Laguna Colgada.



Foto 9: Laguna Cueva Morenilla.

En los cortes III-III' (fig. 5.8) y XII-XII' (fig 5.13) se aprecia que el conjunto recibe aportes laterales del acuífero principalmente por su margen izquierda ya que por la margen derecha los materiales impermeables del Triásico superior se encuentran muy elevados.

La barra que cierra la laguna del Rey debe ser prácticamente impermeable por dos motivos: por un lado mantiene el agua embalsada en la laguna y se observan escasos rezumes aguas abajo y, por otro, el nivel en el piezómetro S-12, situado en dicha barra, se encontraba en 1994 a más de 20 metros de profundidad, lo que indica una desconexión hidráulica sólo explicable si la barra no es permeable.

La comunicación con las “lagunas bajas” se produce casi exclusivamente de forma superficial a través del “Salto del Hundimiento”, única cascada que permaneció activa en el conjunto lagunar durante los años de sequía.

4. Por último, el tramo de “lagunas bajas” lo forman la Cueva Morenilla (foto 9), Coladilla y Cenagal (fig 5.20), cuyos niveles tampoco han sufrido descensos apreciables. Como ya hemos mencionado, su alimentación es superficial, procedente de la Laguna del Rey, y sus niveles están conectados hidráulicamente con el sondeo S-12. En su margen derecha, el acuífero presenta muy elevado su fondo impermeable, lo que impide el flujo de agua desde el mismo.

De lo expuesto hasta aquí se pueden extraer las siguientes conclusiones:

A. En el conjunto lagunar se pueden definir cuatro grupos de lagunas que muestran distinto comportamiento hidrogeológico en función de las características topográficas de su fondo y de las condiciones geológicas, tanto de su sustrato como de su entorno.

B. El primer conjunto, formado por las lagunas Blanca, Conceja y Tomilla, refleja el nivel piezométrico del acuífero. Por ello, los puntos topográficamente elevados como la Laguna Blanca y los manantiales situados en sus proximidades se secan cuando el nivel de agua en el acuífero descende. Las lagunas Conceja y Tomilla, al estar situadas a una cota inferior a la de la superficie freática, siguen siendo “ganadoras” y sólo descende su nivel cuando éste está muy bajo en el acuífero. Los descensos en el nivel piezométrico provocan la supresión de la transferencia superficial de agua, tanto dentro de este conjunto como hacia el conjunto siguiente.

C. El segundo conjunto está formado por las lagunas Tinaja, San Pedro, Redondilla, Lengua, Salvadora, Santo Morcillo y Batana. Estas lagu-

nas reciben escasos aportes laterales del acuífero siendo alimentadas, fundamentalmente, por las aportaciones superficiales provenientes del primer conjunto lagunar descrito. La impermeabilidad de la barra travertínica que separa ambos conjuntos impide prácticamente el flujo subterráneo entre ellos. Al descender los niveles en el acuífero se suprime el flujo superficial por lo que este segundo conjunto apenas recibe aportaciones y sus niveles tienden a descender progresivamente. Existe un flujo subterráneo de agua bajo el conjunto, si bien éste parece concentrarse en conductos y/o zonas más permeables.

D. Las lagunas Colgada y del Rey constituyen el tercer conjunto. Su alimentación se realiza principalmente de manera superficial, tanto mediante transferencia del segundo conjunto de lagunas como lateralmente a través del valle de las Hazadillas. La posición, muy elevada, de los materiales impermeables del Triásico superior dificulta la cesión de agua subterránea desde la Batana (última laguna del segundo grupo descrito) pero permite que el agua permanezca embalsada, por lo que el nivel en ambas lagunas apenas experimenta variación.

E. El cuarto conjunto está formado por las denominadas “lagunas bajas”: Cueva Morenilla, Coladilla y Cenagal. Se encuentra separado del conjunto anterior por medio de una barra casi impermeable por lo que su alimentación se produce de manera superficial desde la Laguna del Rey, ya que tampoco puede recibir aportes laterales importantes desde el acuífero debido a la presencia de materiales triásicos. La barra que separa la Laguna del Rey de este último conjunto presenta el nivel piezométrico a gran profundidad (más de 20 metros), coincidiendo con el nivel en las “lagunas bajas”, lo cual indica una desconexión hidráulica entre ambos conjuntos.

F. En la margen derecha de las lagunas, el Triásico superior se encuentra tan elevado que restringe o anula, en algunos puntos, el flujo subterráneo desde el NE (corte XIII-XIII', fig. 5.13).

En otras zonas, se observa un umbral de Triásico que reduce el acuífero y define una divisoria hidrogeológica (corte III-III', fig. 5.8; corte IV-IV', fig. 5.8 y corte XII-XII', fig. 5.13).

G. En la margen izquierda el acuífero presenta mayor espesor, si bien la transmisividad del mismo es baja (los pozos no son explotables y los niveles piezométricos muestran mayores descensos que en otras partes). En el corte IV-IV' (fig. 5.8) se observa cómo el nivel piezométrico está muy próximo a la superficie en el valle de las Hazadillas, cortando a la topografía unos 2 kilómetros aguas abajo y dando lugar a numerosos manantiales que alimentan superficialmente a la Laguna Colgada.

Los niveles de los piezómetros situados a lo largo del valle y de las lagunas San Pedro (medidos en su escala) y Redondilla y Lengua (respecto al sondeo R-1, nº 69) se han representado en la figura 6.7, que muestra la evolución hídrica de las lagunas desde 1990 (hay medidas periódicas hasta abril de 1994 y otras esporádicas en algunos puntos hasta mayo de 1997). También se han plasmado los niveles registrados en algunas lagunas por la Guardería del Parque Natural desde el 4 de noviembre de 1988 hasta principios de 1992 y las precipitaciones mensuales de la estación de Ruidera (4-012).

Del análisis de la figura 6.7 y de las observaciones de campo se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre la evolución hídrica del sistema:

- La evolución de los niveles es semejante en las lagunas y en los piezómetros por lo que en este análisis nos referiremos a aquellas.

- Desde el inicio del período de control hasta octubre de 1995, las variaciones en el nivel de las lagunas fueron relativamente pequeñas puesto que los mayores descensos ya se habían producido con anterioridad al verano de 1987 (desaparición de cascadas entre las lagunas, disminución general del nivel de agua en las mismas, etc.). Las lagunas más afectadas por la disminución de aportaciones desde el acuífero fueron la Blanca y las ubicadas en el tramo intermedio, principalmente la Redondilla y la Lengua y, de forma menos ostensible, la San Pedro.

- Desde octubre de 1995 el aumento de niveles en el acuífero se empezó a reflejar en las lagunas, que alcanzaron sus niveles normales a partir de mayo y, principalmente, julio de 1995, cuando comenzaron las transferencias superficiales.

- La mayoría de las lagunas presentan oscilaciones estacionales de nivel, con máximos en invierno y primavera y mínimos en verano y otoño, si bien puede constatarse el paulatino descenso de nivel (registrado cuantitativamente desde 1988) como consecuencia de la disminución de las aportaciones hasta octubre de 1995.

- Los niveles presentan ligeras recuperaciones durante las primaveras de 1991, 1993 y, en menor medida, de 1994. Los años 1992 y 1995 son los que presentan, en conjunto, los niveles más bajos.

- El descenso total medido en la Laguna Lengua desde 1988 hasta 1994 fue de unos 5 metros. En la Redondilla no puede calcularse ya que se secó en noviembre de 1991, sin embargo, la evolución del nivel en los piezómetros situados en sus proximidades ofrece una cifra similar. La evolución de los piezómetros indica que desde 1988 hasta octubre de 1995 el des-

censo total de nivel en la zona de las lagunas Redondilla y Lengua fue de unos 8 metros.

- Los piezómetros relacionados con las lagunas Colgada (S-10) y del Rey (S-11) muestran una estabilidad de niveles coherente con lo observado en las propias lagunas. Asimismo, el piezómetro S-12 (en la barra que separa la Laguna del Rey de las “bajas”) también permanece casi constante. En los tres casos los máximos descensos (entre 1 y 2 metros) se produjeron desde la primavera de 1994 hasta octubre de 1995.

- Los piezómetros situados entre las lagunas del tramo intermedio, Salvadora, Santo Morcillo y Batana (S-8 y S-9), muestran ligeros descensos, sin grandes oscilaciones de nivel, como también se observa en dichas lagunas.

- Los niveles bajo la Laguna Blanca (S-1), en la cabecera del sistema, y en el manantial de El Ossero (S-2) muestran descensos anuales sin recuperación desde mayo-junio hasta septiembre-octubre. En ambos casos los descensos totales hasta octubre de 1995 fueron de unos 5 metros.

- Desde julio de 1996 hasta abril de 1997 los niveles permanecen casi constantes como se aprecia en los gráficos (S-1 y S-2). En enero de 1997 (no se realizaron medidas) las lagunas experimentaron un máximo histórico, que se tradujo en importantes inundaciones en las márgenes, en el desbordamiento de algunos canales y en el llenado del embalse de Peñarroya.

- La última medida, realizada en abril de 1997, muestra el claro aumento de nivel de todos los puntos controlados.

7. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones alcanzadas en este estudio se exponen a continuación.

La zona estudiada presenta un régimen pluviométrico mediterráneo seco, produciéndose las precipitaciones principalmente en otoño y primavera y siendo habituales los estiajes acusados. La precipitación media anual en el Campo de Montiel es de 450 mm, si bien las lluvias son más abundantes en la mitad meridional del acuífero.

La recarga del acuífero se produce exclusivamente por precipitación y se evalúa en unos 238 hm³/año.

La descarga se produce a través de manantiales que dan lugar a arroyos y ríos cuyo régimen está regulado por el embalse subterráneo.

El valle del Alto Guadiana, donde se ubican las Lagunas de Ruidera, constituye el drenaje principal del acuífero.

El Campo de Montiel es un acuífero libre con una superficie de 2575 km² formado por materiales carbonatados del Jurásico inferior que yacen sobre un basamento impermeable de arcillas y yesos del Triásico superior.

El acuífero principal está constituido por las calizas y dolomías del Lías inferior y se caracteriza por su anisotropía y heterogeneidad ya que, dada su composición calcárea, presenta permeabilidad por fisuración y disolución.

Los valores de transmisividad, estimados a partir de 43 datos de caudal específico, presentan grandes variaciones: en la cabecera de las lagunas y al sureste del acuífero se dan valores entre 500 y 2000 m²/día pudiendo alcanzar puntualmente los 6000 y 7000 m²/día; al norte, oeste y suroeste del acuífero las transmisividades son mucho menores, entre 10 y 100 m²/día.

El análisis de los datos de los 163 sondeos recopilados para el estudio y de los cortes geológicos realizados con dicha información ha permitido definir con bastante precisión la geometría del acuífero.

En primer lugar se observa que su espesor no es constante, estando condicionado por la fracturación. Se detectan espesores entre 75 y 120 metros en la zona central del acuífero y de 50 a 75 al sureste y suroeste.

Existen dos áreas donde se alcanzan profundidades mayores de 200 metros: al norte de Ossa de Montiel y al este de Munera.

Hay varios umbrales triásicos que actúan como divisorias hidrogeológicas independizando entre sí diversos sectores del acuífero.

En la zona de contacto con la Llanura Manchega tanto el Jurásico como el Triásico superior se hunden hacia el norte mediante fracturas normales, quedando cubiertos por potentes sedimentos terciarios.

Los manantiales de la zona sur del acuífero están asociados al contacto (muchas veces tectonizado) entre los materiales jurásicos permeables y los triásicos impermeables. Dado que dichos puntos de vertido quedan, en la mayoría de las ocasiones, bastantes metros por encima de la base impermeable del acuífero, éste permite el almacenamiento de agua, siendo muy baja su capacidad reguladora.

Los manantiales situados en las Lagunas de Ruidera, más al norte, no están asociados al contacto Jurásico-Triásico sino que se originan al cortar la topografía al nivel piezométrico. Por ello, los situados a cotas topográficas elevadas quedan secos al descender el nivel piezométrico.

Su estructura y su capacidad de almacenamiento son los causantes del elevado tiempo medio de renovación que presentan las aguas (38,5 años según datos preliminares del estudio isotópico llevado a cabo por el C.E.D.E.X.). Esto no impide, sin embargo, que el tiempo transcurrido entre la recarga y la descarga varíe entre varios meses y dos o tres años. Dado que se trata de un acuífero libre acusa rápidamente la pluviometría, tanto en el aumento de nivel como en el incremento de la escorrentía.

En el sustrato de las Lagunas de Ruidera existe un espesor importante de materiales jurásicos y cuaternarios que deberían permitir la circulación subterránea de agua bajo las mismas, si bien en algunas zonas los procesos tectónicos y diapíricos elevan el techo impermeable del Triásico superior impidiendo o dificultando el flujo.

Por otra parte, la elevación de estos materiales triásicos por medio de fracturas en la margen derecha de las lagunas intermedias y bajas restringe el flujo desde el acuífero.

El nivel de agua en las Lagunas de Ruidera está condicionado por el nivel en el acuífero, por la geometría de las mismas y por las características geológicas de su sustrato. En función de su comportamiento hidrológico se pueden establecer cuatro conjuntos de lagunas.

Las más altas, alimentadas por un sector muy transmisivo del acuí-

fero, reflejan el nivel piezométrico del mismo. Por ello, los puntos topográficamente elevados como la Laguna Blanca y los manantiales situados en sus proximidades se secan cuando el nivel de agua en el acuífero desciende. Las lagunas Concejo y la Tomilla al estar situadas a una cota inferior a la de la superficie freática siguen siendo “ganadoras” y sólo desciende su nivel cuando éste está muy bajo en el acuífero. Los descensos en el nivel piezométrico provocan la supresión de la transferencia superficial de agua, tanto dentro de este conjunto como hacia el siguiente.

El segundo conjunto, formado por las lagunas intermedias, desde la Tinaja a la Batana, se alimentan principalmente con los aportes superficiales procedentes de las lagunas altas y cuando éste se interrumpe, al recibir aquellas menos agua del acuífero, comienzan a vaciarse; el elevado gradiente que presenta la piezometría en este tramo indica la disminución de la transmisividad en los materiales que forman el basamento de estas lagunas. Existe un flujo subterráneo de agua bajo el conjunto, si bien parece concentrarse en conductos y/o zonas más permeables.

El tercer conjunto lo forman la Colgada y la del Rey. Su alimentación se realiza de manera superficial, tanto mediante transferencia del segundo conjunto de lagunas como desde el valle de las Hazadillas. La posición elevada de los materiales impermeables del Triásico superior dificulta la cesión de agua subterránea desde el conjunto anterior pero permite que el agua permanezca embalsada, por lo que el nivel apenas experimenta variación pese a que se interrumpa el trasvase de agua superficial.

La impermeabilidad de la barra situada entre estas lagunas y las del cuarto conjunto, “lagunas bajas”, provoca la desconexión hidráulica entre ambos grupos. La alimentación de las últimas lagunas se produce, casi exclusivamente, de manera superficial.

El sistema de trasvase superficial entre las lagunas sólo funciona en épocas con niveles freáticos muy altos. Los bombeos efectuados en la cabecera del sistema contribuyeron, junto con la sequía, al descenso de niveles en el acuífero, lo que impidió las transferencias superficiales de agua entre las lagunas desde antes de 1986 hasta la primavera-verano de 1996. Esto afectó, principalmente, a las lagunas del tramo intermedio y, posteriormente, a las de cabecera, no así a las lagunas bajas.

Tras las elevadas precipitaciones de los últimos años hidrológicos el sistema se recuperó, alcanzando en enero de 1997 un máximo histórico, que llegó a producir desbordamientos e inundaciones en las márgenes. En la actualidad, el sistema sigue funcionando y los niveles en las lagunas permanecen prácticamente constantes.

BIBLIOGRAFÍA

ASTIER, J.L. (1982). "*Geofísica Aplicada a la Hidrogeología*". Editorial Paraninfo, 344 pp. Madrid.

AZEMA, J.; CHAMPETIER, A.; FOUCAULT, A.; FOUCARDE, E. et PAQUET, J. (1971). "*Le Jurassique dans la partie orientale des zones externes des Cordilleres Betiques: Essai de Coordination*". Cuadernos de Geología, vol. II, pp. 91-110. Madrid.

BAYÓ DALMAU, A. (1982). "*La exploración hidrogeológica de acuíferos en rocas carbonatadas desde la óptica de la explotación de recursos y utilización del almacenamiento*". Reunión monográfica sobre el karst-Larra 82. Publicaciones del Servicio Geológico de la Dirección de Obras Públicas de la Diputación Foral de Navarra, pp. 177-215. Isaba-Navarra.

BOSCA, E. (1916). "*Tributo a Cervantes. Las Lagunas de Ruidera*". Bol. R. Soc. Esp. Historia Natural, T. XVI, pp. 426-433. Madrid.

CASTRO, C.M. DE (1849). "*Reconocimiento del Río Guadiana. Plano de las Lagunas de Ruidera*". Cartoteca Histórica. Servicio Geográfico del Ejército, nº de archivo: 239. Madrid.

CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS (1994). "*Estudio de la hidrología isotópica de la cuenca del Alto Guadiana. Determinación del tiempo de renovación del agua en el acuífero 04-06 (Campo de Montiel) a partir del tritio termonuclear*". Informe preliminar nº 2, C.E.D.E.X., M.O.P.T.M.A., 19 pp. y 3 apéndices. Madrid.

CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS (1995). "*Estudio de la hidrología isotópica de la cuenca del Alto Guadiana. I. Unidad Hidrogeológica 04-06 Lagunas de Ruidera, Campo de Montiel*". Informe final, C.E.D.E.X., M.M.A., Memoria y Anexos. Madrid.

CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS (1997). "*Estudio de la hidrología isotópica de la cuenca del Alto Guadiana. I.*

Unidad Hidrogeológica 04-06 Lagunas de Ruidera, Campo de Montiel". Informe final complementario, C.E.D.E.X., M.M.A., 157 pp. Madrid.

C.E.O.T.M.A. - I.N.I.T.E.C., S.A. (1981). "*Plan Especial de Protección: Lagunas de Ruidera. Documento de Síntesis 1981*". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

C.I.D.E.S.P.A. (Centro de Ingeniería y Diseño) (1988). "*Informe sobre el SA.24 en el Campo de Montiel*". 173 pp. Valencia.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR (1987). "*Informe sobre las actuaciones realizadas con motivo de la denuncia formulada por el Sr. Alcalde del Ayuntamiento de Villanueva de la Fuente (Ciudad Real), contra la explotación de riegos, de unos pozos-sondeo, con posibles afecciones al acuífero de la comarca y aprovechamientos existentes*", e informe complementario. Expedientes 106 y 107/87. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.U. Informe Interno. Jaén.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (1988). "*Informe sobre la situación hidrológica de la zona sur del Acuífero del Campo de Montiel, al 31 de marzo de 1988*". Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.U., 16 pp. Ciudad Real.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (1989). "*Estudio de batimetría de las Lagunas de Ruidera*". Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.U. Informe Interno. Ciudad Real.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (1993). "*Estudio del seguimiento de la evolución hidrogeológica de los acuíferos de la Mancha Occidental y el Campo de Montiel*". Tomos IV y V. Unidad Hidrogeológica 04.06. Memoria y Anejos. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T.M.A. Informe Interno. Ciudad Real.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (1995). "*Estudio del seguimiento de la evolución hidrogeológica de los acuíferos de la Mancha Occidental y el Campo de Montiel*". Unidad Hidrogeológica 04.06. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T.M.A. Informe Interno. Ciudad Real.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (1996). "*Estudio del seguimiento de la evolución hidrogeológica de los acuíferos de la Mancha Occidental y el Campo de Montiel*". Unidad Hidrogeológica 04.06. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T.M.A. Informe Interno. Ciudad Real.

CORTÁZAR, D. (1880). "*Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real*". Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, T. VII, pp. 289-323. Madrid.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1983). "*Hidrología Subterránea*". 2 tomos, 2ª edición corregida. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

DAVIS, S. and DE WUEST, R. (1966). "*Hidrogeology*", 2ª edición, Wiley & Sons, New York, 463 pp.

DELGADO PIQUERAS, F. (1988). "*La protección jurídica del acuífero del Campo de Montiel*". Jornadas sobre la aplicación de la nueva Ley de Aguas en la Gestión de las Aguas Subterráneas, Zaragoza, 1988. pp. 307-318.

DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE (M.O.P.U.) (1979). "*Estudio previo de las Lagunas de Ruidera y su entorno*". Dirección General de Medio Ambiente y Empresa de Estudios e Iniciativas, S.A., Madrid.

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS (D.G.O.P.) (1927). "*Informe respecto a la constitución geológica de los territorios del Guadiana Alto, en relación con el embalse de Peñarroya*". Comis. Est. Geol. Construc. Obras Hidrául., Direcc. Gral. Obras Públicas, Informe interno, Madrid.

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS (D.G.O.P.) (1931a). "*Informe relativo a los sondeos para el estudio del Pantano de Peñarroya en el río Guadiana*". Jefatura de Sondeos, Direcc. Gral. Obras Públicas, Informe interno, Madrid.

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS (D.G.O.P.) (1931b). "*Segundo informe relativo a la constitución geológica de los territorios del Guadiana Alto, en relación con el embalse de Peñarroya*". Comis. Est. Geol. Construc. Obras Hidrául., Direcc. Gral. Obras Públicas, Informe interno, Madrid.

DUGAN, P.J. (1992). "*Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*". Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), Gland, Suiza. 100 pp.

E.D.E.S.,S.A. (1966). "*Estudio hidrogeológico de la Cuenca Alta del Guadiana. Primera fase*". E.D.E.S.,S.A. e Instituto Nacional de Colonización (Ministerio de Agricultura). Memoria (3 tomos), Planos (1 tomo) y Anejos (1 tomo: Hidrología).

E.D.E.S.,S.A. (1973). "*Las Lagunas de Ruidera: urgencia de su ordenación ambiental*". E.D.E.S.,S.A. (en la actualidad I.N.I.T.E.C.,S.A.). Madrid.

ELÍAS CASTILLO, F. y JIMÉNEZ ORTIZ, R. (1965). "*Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España*". Ministerio de Agricultura. Mapa Agronómico Nacional, 293 pp. Madrid.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1986). "*El clima de la Meseta Meridional. Los tipos de tiempo*". Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, colección de bolsillo, 215 pp. Madrid.

FREEZE, R.A. and CHERRY, J.A., (1979). "*Groundwater*". Prentice-Hall Ed. Englewood, New Jersey, 604 pp.

FUSTER CENTELLÉS, J. (1991). "*La administración aplica la ley de sobreexplotación a uno de los acuíferos con mayores excedentes: el acuífero 24*". Proceed. IAH International Congress. Vol. I, pp. 281-285. Tenerife.

GARCÍA ABBAD, J. (1979). "*Ensayo de modelo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la submeseta meridional*". Boletín Geológico y Minero, T. XC-III, año 1979, pp. 275-284. Madrid.

GARCÍA-HERNÁN, O. (1979). "*Recarga artificial en la zona regable de Peñarroya*". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. V, pp. 705-728. Madrid.

GARCÍA-HERNÁN, O. y MARTÍNEZ, P.E. (1979). "*Hidrogeología en la zona de Ruidera-Tomelloso*". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. IV, pp. 327-346. Madrid.

GARCÍA-RODRIGO, B. y PENDAS, F. (1971). "*Consideraciones sobre el Jurásico inferior y medio de Albacete*". Cuadernos de Geología Ibérica, Vol. II, pp. 255-272. Madrid.

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1987). "*Las zonas encharcables españolas: el marco conceptual*". Seminario sobre bases científicas para la protección de los humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 9-30. Madrid.

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. Y MONTES, C. (1989). "*Variedad de los humedales mediterráneos: bases de una clasificación genético-funcional*". Seminar on the Management of Mediterranean Wetlands, Doñana National Park, November 13-18, 1989.

GONZÁLEZ DONOSO, J.M.; LINARES, A.; LÓPEZ-GARRIDO, A.C. y VERA, J.A. (1971). "*Bosquejo estratigráfico del Jurásico de las Cordilleras Béticas*". Cuadernos de Geología Ibérica, Vol. II, pp. 55-90. Madrid.

GONZÁLEZ MARTÍN, J.; ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M.A. (1987). "*Evolución geomorfológica de las Lagunas de Ruidera (Albacete-Ciudad Real)*". Estudios Geológicos 43, pp. 227-239.

GRANDA SANZ, A. (1982). "*Aspectos y métodos geofísicos en el estudio del karst. Aplicaciones hidrogeológicas*". Reunión monográfica sobre el karst-Larra 82. Publicaciones del Servicio Geológico de la Dirección de Obras Públicas de la Diputación Foral de Navarra, pp. 331-352. Ibaña-Navarra.

HENTZSCH, B.; MARTÍNEZ GOYTRE, J.; LÓPEZ VERA, F.; MARTÍNEZ FRÍAS, J. y ARAGUÁS, L. (1987). "*Datación mediante la relación de actividad Th-230/U-234 de travertinos de la Meseta Sur*". II Congreso de Geoquímica de España, pp. 105-108. Soria.

HERA, A. DE LA (1993). "*Ensayo de cuantificación de la conexión hidrogeológica entre el sistema acuífero del Campo de Montiel y el sistema acuífero de la Llanura Manchega*". Tesis de Licenciatura (inédita). Universidad Complutense. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1928a). "*Significación geológica de Las Lagunas de Ruidera y de la Cueva de Montesinos*". Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. de Actas de la Sesión celebrada el 23 de noviembre de 1927, en honor del Excmo. Sr. D. Angel Gallardo, pp. 133-142 y 4 láminas. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1928b), "*Fisiografía del Guadiana*". Rev. Centro Est. Extremeños, Tomo II, pp. 3-13 y 10 láminas. Badajoz.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1930). "*Reorganización de la Junta de Parques Nacionales y designación de Sitios y Monumentos Naturales de Interés Nacional*". Bol. R.S.E. de Historia Natural, T. XXX, pp. 78-80. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1932a). "*El enigma del Alto Guadiana*". Revista de los Servicios Social-Agrarios y de Estadística Agrícola Social, año I, nº 8, (diciembre, 1932), pp. 851-856 y 3 láminas. Instituto de Reforma Agraria. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1932b). "*Síntesis fisiográfica y geológica de España*". Junta de Ampliación de Estudios. Trabajos del Museo de Ciencias Naturales, serie geológica, nº 38. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1948). "*La Mancha*". Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Publicación extraordinaria, conmemorativa del Centenario de su Fundación, pp. 1-23. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1955). "*Fisiografía del Solar Hispano*". Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, T. XVI, primera parte, pp. 360-392. Serie Ciencias Naturales. Madrid.

HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1956). "*Fisiografía del Solar Hispano*". Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, T. XVI, segunda parte, pp. 280-281 y 743-745. Serie Ciencias Naturales. Madrid.

HEVIA ÁLVAREZ, T. (1973). "*Las aguas subterráneas*". Conferencia pronunciada el 17 de noviembre de 1970. Instituto de Estudios Asturianos. Oviedo.

INSTITUTO ANDALUZ DE GEOLOGÍA MEDITERRÁNEA (I.A.G.M.) (1987). "*Informe hidrogeológico sobre las afecciones de caudal producidas en el borde meridional del Sistema Acuífero nº 24 (de Montiel a Villanueva de La Fuente; provincia de Ciudad Real)*". C.S.I.C. Universidad de Granada, 11 pp.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1934). "*Mapa Geológico de Minaya, Hoja nº 741, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome y J. Gorostizaga. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1941). "*Mapa Geológico de Munera, Hoja nº 764, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por J. Gorostizaga y E. Dupuy de Lome. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1951a). "*Mapa Geológico de Villarrobledo, Hoja nº 740, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome y J. Gorostizaga. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1951b). "*Mapa Geológico de Sotuélamas, Hoja nº 763, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome y J. Gorostizaga. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1954a). "*Mapa Geológico de El Bonillo, Hoja nº 788, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1954b). "*Mapa Geológico de Robledo, Hoja nº 815, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome y D. Templado. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1954c). "*Mapa Geológico de Tomelloso, Hoja nº 762, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por J. Meseguer y J.A. Kindelan. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1955). "*Mapa Geológico de Villanueva de la Fuente, Hoja nº 814, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1956). "*Mapa Geológico de Lezuza, Hoja nº 789, escala 1:50.000*", primera serie. Memoria redactada por E. Dupuy de Lome y J. Meseguer. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1968). "*Informe sobre las posibilidades acuíferas en el término municipal de Villahermosa (Ciudad Real)*". Informe interno, 7 pp. y 2 planos. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1971a). "*Mapa geológico de Ciudad Real, Hoja nº 61, escala 1:200.000*". Síntesis de la cartografía existente, primera edición. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1971b). "*Mapa de síntesis de sistemas acuíferos de España Peninsular, Baleares y Canarias*". Contribución al Decenio Hidrológico Internacional. Programa "Mapa Hidrogeológico Nacional" dentro del Plan Nacional de la Minería.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1971c). "*Mapa de reconocimiento hidrogeológico de la España Peninsular, Baleares y Canarias*". Contribución al Decenio Hidrológico Internacional. Programa "Mapa Hidrogeológico Nacional". Escala 1:1.000.000.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1972a). "*Mapa geológico de Tomelloso, Hoja nº 62, escala 1:200.000*". Síntesis de la cartografía existente, primera edición. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1972b). "*Mapa geológico de Villacarrillo, Hoja nº 71, escala 1:200.000*". Síntesis de la cartografía existente, primera edición. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1975a). "*Mapa geológico de Sotuélamos, Hoja nº 763, escala 1:50.000*", segunda serie (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1975b). "*Mapa geológico de Lezuza, Hoja nº 789, escala 1:50.000*", segunda serie, (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1976). "*Mapa geológico de El Bonillo, Hoja nº 788, escala 1:50.000*", segunda serie, (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1977a). "*Mapa geológico de Villarrobledo, Hoja nº 740, escala 1:50.000*", segunda serie, (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1977b). "*Mapa geológico de Villanueva de la Fuente, Hoja nº 814, escala 1:50.000*", segunda serie, (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.)
(1978). "*Mapa geológico de Minaya, Hoja nº 741, escala 1:50.000*", segunda serie (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1979a). "*Mapa geológico de Robledo, Hoja nº 815, escala 1:50.000*", segunda serie (MAGNA). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1979b). "*Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana*". Colección Informe, Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), 66 pp.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1981). "*Estudio de los recursos hidráulicos en la Cuenca Alta del Guadiana. Sistemas acuíferos nº 21, 22, 23, 24 y 25*". Avance 1981. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1982). "*Mapa geológico de Ciudad Real, Hoja nº 61, escala 1:200.000*". Síntesis de la cartografía existente. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1985). "*Mapa hidrogeológico de Tomelloso, Hoja nº 62, escala 1:200.000*". Síntesis de la cartografía existente. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1986a). "*Informe sobre posibles afecciones al nacimiento del río Jabalón por explotaciones de aguas subterráneas*". Informe interno, 16 pp. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1986b). "*Actualización y ampliación del conocimiento de los sistemas acuíferos nº 19 y 24, Sierra de Altomira y Campo de Montiel, y su relación con el sistema 23, Mancha occidental*". Informe 32131 (13 tomos). Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1988a). "*Proyecto para el control piezométrico, hidrométrico y de calidad, en las cuencas del Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Júcar, P. Oriental y Norte oriental (1987-88)*". Informe sobre la evolución piezométrica de la cuenca del Guadiana. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1988b). "*Proyecto para el control piezométrico, hidrométrico y de calidad, en las cuencas del Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Júcar, P. Oriental y Norte oriental (1987-88)*". Informe de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca alta del Guadiana. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) (1988c). "*Informe sobre recursos hídricos explotables en el sistema acuífero nº 24 "Campos de Montiel"*". Informe interno solicitado por la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) y COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS (C.G.S.) (1985). "*Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha*". Colección informe. Instituto Geológico

y Minero de España y Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. 107 pp., 1 plano. Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (I.G.M.E.) e INSTITUTO PARA LA REFORMA Y EL DESARROLLO AGRARIO (I.R.Y.D.A.) (1979). "*Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana*". Informe Técnico 8. Campo de Montiel-Sistema acuífero nº 24. Madrid.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.) (1990a). "*Proyecto de actualización de la infraestructura hidrogeológica, vigilancia y catálogo de acuíferos, años 1988, 1989, 1990*". Informe sobre las salidas de aguas superficiales del sistema 24 al sistema 23. 13 pp. Madrid.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.) (1990b). "*Proyecto de mejora de la infraestructura hidrogeológica del sistema 24 "Campos de Montiel" para la evaluación de los recursos hídricos subterráneos 1989-1990*". 2 Vols. Madrid.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.) (1991). "*Análisis de los aprovechamientos de aguas subterráneas en el sistema acuífero nº 24 Campos de Montiel*", 66 pp. Madrid.

JESSEN, O. (1930a). "*La Mancha: contribución al estudio geográfico de Castilla La Nueva*". (primera parte). Estudios geográficos, nº 23, pp. 269-312. (Publicaciones extranjeras sobre temas de geografía española). Instituto Juan Sebastián Elcano. Madrid 1946.

JESSEN, O. (1930b). "*La Mancha: contribución al estudio geográfico de Castilla La Nueva*". (segunda parte). Estudios geográficos, nº 24, pp. 479-524. (Publicaciones extranjeras sobre temas de geografía española). Instituto Juan Sebastián Elcano. Madrid 1946.

JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA-LA MANCHA (1985a). "*Parque Natural de las Lagunas de Ruidera*". Dirección General de Montes, Caza y Pesca, Consejería de Agricultura.

JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA-LA MANCHA (1985b). "*Lagunas de Ruidera*". Dirección General de Turismo. Consejería de Industria y Comercio.

LAMOREAUX, P.E. (1991). "*Environmentals effects to overexploitation in Karst terrane*". Proced. IAH XXIII International Congress, Vol. I, pp 103-113.

LAUTENSACH, J. (1971). "*Geografía de España y Portugal*". Ed. Vicens Vives, pp. 474-486. Barcelona.

LEY 29/1985, de 2 de Agosto, DE AGUAS. Boletín Oficial del Estado 189 de 8 de Agosto de 1985: 25123-25135; corrección de errores en nº 243, de 10 de Octubre de 1985.

LLAMAS, M.R. (1991a). "*Groundwater exploitation and conservation of aquatic ecosystems*". Proceed. IAH XXIII International Congress, Vol. 1, pp. 115-131.

LLAMAS, M.R. (1991b). "*Observaciones sobre la declaración de sobreexplotación del acuífero del Campo de Montiel*". Informe realizado para la Asociación de Titulares de Aguas Subterráneas del Acuífero nº 24, 30 pp.

LLAMAS, M.R. (1992). "*La sobreexplotación de aguas subterráneas: ¿Bendición, maldición o entelequia?*". Tecnología del Agua nº 91, pp. 54-68.

LLAMAS, M.R. (1993). "*Explotación de aguas subterráneas y conservación de ecosistemas*". Jornadas sobre las Aguas Subterráneas: Importancia y Perspectivas, I.T.G.E. y R.A.C., pp. 193-209. Madrid.

MADOZ, P. (1845-1850). "*Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar: Castilla-La Mancha*". Ámbito Ediciones y Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Valladolid, 1987.

MANZANARES, J.C. (1772). "*Mapa coreográfico del Real y Militar Combenito de San Thiago de Veles, y su Priorato con espresión de sus Montes, Ríos y Puentes; fecho de mandato del Ilmo. Sor. Dor. Dn. Joseph Hualde Prior de él, del Consejo de su Mgd. y su Cdppn. de honor. Año del Sor de 1772*". Cartoteca Histórica. Servicio Geográfico del Ejército, nº de archivo: 271. Madrid.

MARTÍN SERRANO, A. y GARCÍA ABBAD, J. (1979). "*El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suoriental*". Boletín Geológico y Minero, T. XC-III, pp. 243-252. Madrid.

MARTÍNEZ ALFARO, P.E.; MONTERO GONZÁLEZ, E. y LÓPEZ-CAMACHO, B. (1991). "*El impacto de la sobreexplotación del acuífero del Campo de Montiel sobre el ecosistema de las Lagunas de Ruidera*". Proceed. IAH XXIII International Congress, Vol. I, pp. 151-154.

MARTÍNEZ ALFARO, P.E.; MONTERO GONZÁLEZ, E. y LÓPEZ-CAMACHO, B. (1992). "*The impact of the overexploitation of the Campo de Montiel aquifer on the Lagunas de Ruidera ecosystem*". Selected Papers on Aquifer Overexploitation, Vol. 3, pp. 87-91. Verlag Heinz Heise, Hannover.

MARTÍNEZ GOYTRE, J.; HENTZSCH, B.; LÓPEZ VERA, F. y MARTÍNEZ FRÍAS, J. (1988). "*Edad de las terrazas y diques travertínicos de las Lagunas de Ruidera y sus implicaciones paleoclimáticas*". Estudios Geológicos 44, pp. 75-81.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (M.O.P.U.) (1982). "*Plan de Protección y Ordenación de las Lagunas de Ruidera*", Boletín de información del M.O.P.U., nº 298, pp. 43-46.

MITSCH, W.J. and GEOSSELING, J.G. (1986). "*Wetlands*". Van Nostrand Reinhold Co., New York.

MONTERO GONZÁLEZ, E. (1989). "*Estudio hidrogeológico del Campo de Montiel*". Tesis de Licenciatura (inédita). Universidad Complutense. Madrid.

MONTERO GONZÁLEZ, E. (1994). "*Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera*" Tesis Doctoral (inédita). Universidad Complutense. Madrid.

MONTERO GONZÁLEZ, E. (1995). "Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera". Hidrogeología y recursos hidráulicos, Vol. XIX, pp. 373-389.

MONTERO GONZÁLEZ, E.; MARTÍNEZ ALFARO, P.E. y LÓPEZ-CAMACHO, B. (1989). "*Influencia de las extracciones de agua subterránea en el Campo de Montiel sobre el Parque Natural de Las Lagunas de Ruidera*". Congreso Nacional "La sobreexplotación de acuíferos", Almería, 1989. pp. 397-411.

MUÑOZ JIMÉNEZ, J. y PALACIOS ESTREMER, D. (1990). "*El significado de los meandros encajados sobre calizas en la interpretación del establecimiento y evolución de la red hidrográfica en La Mancha y Campo de Montiel*". I Reunión Nacional de Geomorfología, Vol. II, pp. 469-478. Teruel.

NIÑEROLA PLÁ, S. y TORRENS, J. (1979a). "*Características hidrogeológicas generales de la Cuenca Alta del Río Guadiana*". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. IV, pp. 309-326. Madrid.

NIÑEROLA PLÁ, S. y TORRENS, J. (1979b). "*Las aguas subterráneas de la Cuenca Alta del Guadiana. Características hidroquímicas generales*". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. IV, pp. 599-620. Madrid.

OLIVARES TALENS, J. (1984). "*Medio Ambiente y Desarrollo. Necesidad de estudios de Impacto Ambiental. Zonas húmedas en la Cuenca Alta del Río Guadiana*". Actas del I Congreso Español de Geología, T. I, pp. 713-722. Madrid.

OLIVARES TALENS, J. y RUIZ CELAA, C. (1983). "*Evolución de la calidad de las aguas subterráneas con el tiempo en los sistemas acuíferos definidos en la Cuenca Alta del Guadiana*". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. VII, pp. 339-353. Madrid.

ORDÓÑEZ, S.; GONZÁLEZ, J.A. y GARCÍA DEL CURA, M.A. (1985a). "*Ruidera Pools: a travertine dams system on the Upper Guadiana*".

River (central Spain). A sedimentological approach". Actas del 6th European Regional Meeting of Sedimentology. I.A.S. Lleida, 85, pp. 28-31.

ORDÓÑEZ, S.; GARCÍA DEL CURA, A.; LOPEZ DE AZCONA, M.C. y GONZÁLEZ MARTÍN, J.A. (1985b). "*Contribución al conocimiento de la hidroquímica de las Lagunas de Ruidera (cuenca alta del río Guadiana)*". Actas del 1º Congreso de Geoquímica, pp. 167-168. Soria.

ORDÓÑEZ, S.; GONZÁLEZ MARTÍN, J.A. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1986a). "*Sedimentación carbonática actual y paraactual en las Lagunas de Ruidera*". Materiales y Procesos Geológicos, Vol. IV, pp. 229-255. Madrid.

ORDÓÑEZ, S.; GONZÁLEZ MARTÍN, J.A. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1986b). "*Petrographie et morphologie des edificies tuffeux quaternaires du centre de l'Espagne*". Méditerranée nº 1-2, pp. 52-60.

ORDÓÑEZ, S. y FELIPE, A. (1988). "*Modelización matemática de la hidroquímica de las aguas de un macizo dolomítico-vesífero. Aplicación a la génesis de los travertinos de las Lagunas de Ruidera*". Estudios Geológicos, 44, pp. 99-105.

PEINADO, M. y MARTÍNEZ-PARRAS, J.M. (1985). "*El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha*". Servicio de Publicaciones de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, monografías, nº 2, 230 pp. Toledo.

PENDAS, F. (1971). "*Definición morfológica de los embalses subterráneos del alto sureste español. Estudio hidrogeológico de la comarca Cazorla-Hellín-Yecla*". I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, Tomo II, pp. 529-550. Madrid y Lisboa.

PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982). "*Mioceno y Cuaternario de la Llanura Manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*". Tesis Doctoral, 787 pp. Editorial de la Universidad Complutense. Madrid.

PLANCHUELO PORTALES, G. (1944). "*El Alto Guadiana y la zona oriental de la altiplanicie del Campo de Montiel*". Boletín de la R.S.E. de Historia Natural, T. XLII, pp. 593-612, 3 figuras y 4 láminas. Madrid.

PLANCHUELO PORTALES, G. (1948). "*Síntesis del Plioceno de La Mancha*". Las Ciencias, T. XIII, nº 4, pp. 808-816. Madrid.

PLANCHUELO PORTALES, G. (1954). "*Estudio del Alto Guadiana y de la Altiplanicie del Campo de Montiel*". Tesis Doctoral. Instituto de Estudios Manchegos. Patronato José Mª Cuadrado. C.E.S.I.C.

PLANCHUELO PORTALES, G. (1956). "*Una interesante divisoria de aguas en la Altiplanicie del Campo de Montiel*". Las Ciencias, T. XXI, nº 1, pp. 49-54. Madrid.

REAL DECRETO 849/1986, de 11 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos

Preliminares, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas. Boletín Oficial del Estado 103, de 10 de Abril: 15500-15537; corrección de errores en nº 157, de 2 de Julio.

REAL DECRETO 393/1988, de 22 de Abril, por el que se aprueban medidas referentes al acuífero del Campo de Montiel, al amparo del artículo 56 de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado 100, de 26 de Abril: 12705.

REAL DECRETO 927/1988, de 29 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado 209, de 31 de Agosto: 26412-26425; correcciones de errores en nº 23, de 29 de Septiembre: 28420.

RINCÓN, P.J., MONTERO, E. Y VEGAS, R. (1996). "Condiciones estructurales de la unidad hidrogeológica del Campo de Montiel (Provincias de Ciudad Real y Albacete)". *Geogaceta*, 20 (6), pp. 1274-1276.

ROIZ GARCÍA, J.M. (1977). "*Notas morfológicas sobre el borde septentrional del Campo de Montiel*". *Tecniterrae*, nº 18, pp. 1-6. Madrid.

SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; PELÁEZ PRUNEDA, J.; ÁGUE-DA VILLAR, J. (1969). "*Características hidrogeológicas de la divisoria Júcar-Guadiana en el norte de Albacete*". Documentos de Investigación Hidrológica, Vol. VI, pp. 197-204. Barcelona.

SANZ DONAIRE, J.J. y DÍAZ ÁLVAREZ, M.D. (1992). "*Génesis y funcionalidad geomorfológica de los humedales*". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, nº 12. Ed. Univ. Complutense, pp. 93-103. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS (S.G.O.P.) (1985). "*Estudio hidrogeológico sobre el descenso de niveles freáticos en el término municipal de Montiel (Ciudad Real)*". Informe 11/85. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.U. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS (S.G.O.P.) (1988a). "*Informe hidrogeológico sobre las afecciones producidas a manantiales y corrientes superficiales como consecuencia de las extracciones de aguas subterráneas en la zona sur del Acuífero del Campo de Montiel (Ciudad Real)*". Estudio 3/88. Dirección General de Obras Hidráulicas. M.O.P.U., 29 pp. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS (S.G.O.P.) (1988b). "*Estudio hidrogeológico del Campo de Montiel y de la influencia de la explotación de aguas subterráneas sobre el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera*". Primer Informe 6/88. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.U. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS (S.G.O.P.) (1988c). "*Estudio hidrogeológico del Campo de Montiel y de la influencia de la explotación de aguas subterráneas sobre el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera*". Segundo Informe 10/88. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.U. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO (S.G.) (1989). "*Sobre el funcionamiento hidrológico del acuífero del Campo de Montiel, las Lagunas de Ruidera y el río Guadiana Alto*". Dirección General de Obras Hidráulicas. M.O.P.U., 11 pp. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO (S.G.) (1991a). "*Informe sobre las aportaciones de agua a las Lagunas de Ruidera y Embalse de Peñarroya*". Informe 01/91. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T., 10 pp. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO (S.G.) (1991b). "*Informe sobre la situación hidrológica del acuífero del Campo de Montiel, las Lagunas de Ruidera y el Embalse de Peñarroya*". Informe 02/91. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T., 10 pp. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO (S.G.) (1991c). "*Informe sobre la evolución de las extracciones y niveles piezométricos en los acuíferos de la Llanura Manchega y del Campo de Montiel. Segunda parte: Campo de Montiel*". Estudio 05/91. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO (S.G.) (1992). "*Informe sobre los recursos del acuífero del Campo de Montiel*". Informe 06/92. Dirección General de Obras Hidráulicas, M.O.P.T., 19 pp. Madrid.

SERVICIO GEOLÓGICO (S.G.) e INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.) (1990). "*Unidades Hidrogeológicas de la España Peninsular e Islas Baleares: síntesis y mapa a escala 1:1.000.000*". Informaciones y Estudios, nº 52. Centro Publ. M.O.P.T., 32 pp. Madrid.

SOLÉ SABARÍS, L. (1952). "*Geografía Física. Geografía de España y Portugal*". Editorial Montaner y Simón, T. I, pp. 237-240. Barcelona.

SOLÉ SABARÍS, L (1978). "*Geografía General de España. Las aguas: ríos y lagos*". Editorial Ariel, T. I, 203 pp. Barcelona.

TORRENS, J.; BATLLE A.; NIÑEROLA, S.; GONZÁLEZ, F. y CALVÍN, J. (1976). "*Contribución al conocimiento de las relaciones entre los acuíferos del Campo de Montiel y la Llanura Manchega. La Leyenda del Guadiana*". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. I, pp. 398-420. Madrid.

VELAYOS RODRÍGUEZ, M. (1983). "*Contribución al estudio de la flora y la vegetación de las Lagunas de Ruidera y su entorno*". Tesis Doctoral. Editorial de la Universidad Complutense. Madrid.

VELAYOS RODRÍGUEZ, M. (1992). "*Las lagunas de agua dulce en La Mancha y el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera*". Contenido en: "*La Mancha: un espacio del agua*". Conferencias organizadas por el Módulo de Promoción y Desarrollo (1989-1992). Escuela-Taller "Santa Clara". Alcázar de San Juan, Ciudad Real.



DIPUTACIÓN DE ALBACETE